

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



# **CLIMA LOCAL E APTIDÃO OLIVÍCOLA**

## **A MARGEM ESQUERDA DO TEJO JUNTO A ALVEGA**

MIGUEL MARIA AVELAR DA COSTA FREIRE CORREIA

MESTRADO EM GEOGRAFIA FÍSICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

2011



UNIVERSIDADE DE LISBOA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



# **CLIMA LOCAL E APTIDÃO OLIVÍCOLA A MARGEM ESQUERDA DO TEJO JUNTO A ALVEGA**

**MIGUEL MARIA AVELAR DA COSTA FREIRE CORREIA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, sob a orientação da Professora Doutora Maria João Alcoforado para a obtenção do grau de Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território.

*À Joana, em penhor de admiração, respeito e afecto!*



## PREÂMBULO

A minha relação com a ciência climatológica teve o seu início nas cadeiras de climatologia da variante de Geografia Física e Ordenamento do Território da licenciatura em Geografia leccionadas pela sapiência, delicadeza e inspiração da Professora Doutora Maria João Alcoforado, ao passo que a minha ligação à agricultura é tão antiga quanto a minha existência, uma vez que nasci numa ancestral família de agricultores.

No ano lectivo de 2006/2007, o entusiasmo pela climatologia aliado a uma vivência relacionada com a actividade agrícola conduziu ao desenvolvimento de uma pequena investigação intitulada *Ordenamento Agrícola da Herdade da Represa (Gavião): caracterização biofísica da olivicultura* realizada no âmbito da cadeira de seminário da licenciatura em Geografia. A elaboração do referido seminário de investigação despertou em mim o desejo de aprofundar o conhecimento das relações entre o clima e a agricultura as quais, têm sido objecto de inúmeros estudos em países estrangeiros reunindo meteorologistas, geógrafos (climatólogos) e agrónomos, o que seria desejável que sucedesse no nosso país uma vez que são escassos os trabalhos de aplicação prática dos conhecimentos sobre o clima local ao ordenamento agrícola do território. Em 2007, após a conclusão da licenciatura em Geografia, encontrei no Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território a oportunidade de investigar as potencialidades e os constrangimentos climáticos locais à prática da olivicultura. Deste modo, ao longo do ano lectivo 2007/2008 frequentei entre outras, a cadeira de Climatologia Aplicada ao Ordenamento do Território leccionada por climatólogos e não só, onde tive oportunidade de observar alguns exemplos de aplicação da climatologia entre os quais destaco uma interessante exposição intitulada *Desenvolvimento, Crescimento e Produção das Plantas – fundamentos, modelação e respostas devido às alterações climáticas* apresentada pelo Professor Doutor José Paulo de Melo e Abreu do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa no âmbito do tema *Clima e Agricultura*. Em 2008, a oportunidade de exercer uma profissão na área da consultoria ambiental enquanto geógrafo conduziu a uma redução na disponibilidade para o desenvolvimento da presente dissertação, facto pelo qual só agora vêm a estar concluída. Da leitura de diversas referências bibliográficas bem como do contacto com as entidades detentoras de informação meteorológica e cartográfica resultou um projecto de investigação apresentado em Dezembro de 2009. Seguiu-se a elaboração do plano de trabalho, reformulado inúmeras vezes num processo de aperfeiçoamento.

A escolha da região de Alvega enquanto área de estudo desta dissertação em climatologia local aplicada à olivicultura é justificada por factores morfológicos como a presença de uma topografia contrastada e por factores de ordem técnica como a disponibilidade de elementos cartográficos e registos meteorológicos indispensáveis numa investigação desta natureza. A

relação afectiva de proximidade com alguns proprietários locais e o desejo íntimo de aprofundar o conhecimento da região são factores que também não estão imunes à escolha da área de estudo. A selecção da olivicultura para aplicação das potencialidades dos climas locais explica-se pelo facto desta constituir, desde tempos imemoriais, uma das riquezas da região tendo sido inclusivamente alvo de apoios régios além de medidas proteccionistas das quais são exemplo os severos castigos lavrados nas posturas municipais destinados a quem colhesse azeitona alheia.

Com o desenrolar da presente investigação, surgiu a necessidade de proceder à instalação de uma rede meteorológica a qual, devido à indisponibilidade do equipamento por um lado e, às condições meteorológicas adversas por outro, apenas pode ser instalada no período entre 7 de Fevereiro e 27 de Março de 2010.

No âmbito da preparação da presente dissertação, cursei a *Graduação Profissional em Sistemas de Informação Geográfica* (SIG) ministrada pela empresa Geopoint, Lda. entre 22 de Março de 2010 e 3 de Julho de 2010 onde tive oportunidade de adquirir diversos conhecimentos técnicos na área dos SIG's que vieram a assumir um carácter vital na produção da cartografia apresentada nesta dissertação.

Antes de principiar a presente dissertação não quero deixar de expressar o meu profundo agradecimento a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a sua realização.

A Deus, por toda a fé, que creio ... “mover montanhas”!

À Professora Doutora Maria João Alcoforado, uma palavra de sincero agradecimento pelo facto de desde o início ter aprovado e apoiado com entusiasmo e disponibilidade o tema bem como pela forma rigorosa, simpática e delicada com que sempre orientou esta dissertação.

À Professora Doutora Carla Mora, agradeço a forma atenciosa e célere com que me prestou apoio na clarificação das metodologias adoptadas no ponto 4 do capítulo III.

Ao Professor Doutor José Paulo de Melo e Abreu, endereço o meu agradecimento pela cooperação simpática e célere que em muito contribuiu para o esclarecimento de diversos aspectos do ciclo vegetativo da oliveira abordados no capítulo V.

Ao Doutorando Francisco Gutierrez, formulo o meu obrigado pelos esclarecimentos técnicos prestados na área dos sistemas de informação geográfica dados sempre com entusiasmo e simpatia.

Ao Doutorando Paulo Canário, agradeço a calibração/programação dos *data loggers* bem como os conselhos na instalação dos mesmos.

Aos meus colegas e amigos que me acompanharam de mais perto, sem citar nomes, pois arriscava-me a omitir algum, agradeço a estima e o companheirismo com que sempre me agraciaram ao longo deste mestrado.

À Agri-Pro Ambiente, Consultores SA, na pessoa do administrador Eng.º Rui Coelho, agradeço a cedência de cartografia sem a qual esta investigação não seria viável.

Da Central Termoelétrica do Pego (PEGOP – Energia Elétrica, SA), gostaria de agradecer ao director financeiro, comercial e recursos humanos, Dr. José Têves Vieira, pela disponibilidade, capacidade de receptividade e cedência de dados meteorológicos. Do mesmo organismo, expresso o meu reconhecimento à Eng.<sup>a</sup> Maria José Lopes e à Técnica Cristina Louro.

Aos excelentíssimos Senhores, Arq.<sup>o</sup> João Augusto Campos da Motta Guedes e sua esposa, Dr.<sup>a</sup> Maria de Jesus Patrício Lino Netto da Motta Guedes, na pessoa de sua filha, Joana Lino Netto da Motta Guedes expresso a minha gratidão pela disponibilidade, capacidade de receptividade e diligências efectuadas no contacto aos proprietários dos locais de implantação dos postos termométricos bem como pela autorização concedida para a instalação de um posto termométrico na sua propriedade, Herdade da Represa.

Ao excelentíssimo Senhor Dr. Carlos Fontes, agradeço a disponibilidade, capacidade de receptividade e diligências efectuadas junto de entidades detentoras de informação meteorológica bem como no contacto aos proprietários dos locais de instalação dos postos termométricos.

À Companhia Florestal do Centro, Lda., na pessoa do administrador Eng.<sup>o</sup> João Nuno Alcaravela, agradeço a autorização concedida para instalação de três postos termométricos na propriedade, Herdade do Monte do Vale de Zebro.

Ao Senhor Eng.<sup>o</sup> Paulo Pires Rosa, agradeço a autorização concedida para instalação de um posto termométrico na sua propriedade, Herdade do Alto do Termo.

À Caima, SA, agradeço a autorização concedida para instalação de um posto termométrico na propriedade, Herdade do Entrudo.

À Joana, a quem me sinto endividado para a vida presto a merecida homenagem ao apoio incondicional que sempre me consagrou e à forma cúmplice e emocionada com que soube viver comigo a maior parte dos momentos desta investigação. Cabe-lhe a honra e o mérito de poder sentir que este trabalho também é seu pois durante todo este percurso a ela retirei tempo, disponibilidade, atenções e obriguei a inúmeros sacrifícios que nem a conclusão desta dissertação nem estas palavras por mais gratas e sentidas que sejam poderão alguma vez recompensar.

A meus Pais, a quem devo muito do que sou, um agradecimento especial pelo espírito de sacrifício que patentearam para me proporcionarem este mestrado, pelo exemplo que são para mim, bem como por todo o carinho e estímulo que sempre me consagraram.

Aos meus irmãos, Joaquim Pedro, Carlos, Francisco e Henrique desejo expressar o meu profundo agradecimento pelo apoio e disponibilidade incondicionais manifestados ao longo de toda a vivência partilhada. Em particular aos meus irmãos, Carlos (Eng.<sup>o</sup> Agrónomo) pelo esclarecimento de aspectos relacionados com a prática da olivicultura e, Henrique pelo esclarecimento de questões de carácter técnico, uma palavra de sincero apreço.

Ao Tio José Carlos e à Tia Gi, uma palavra especial de agradecimento pelo retiro proporcionado pela supersticiosa sala 13 da Tomás Ribeiro ... oásis das minhas reflexões, mas sobretudo pelo interesse manifestado pela minha vida pessoal e académica.

Ao Tio João e à Tia Bébé desejo expressar o meu profundo agradecimento pelo carinho, compreensão e paciência que sempre me consagraram bem como pelas variadas expressões de apoio e interesse dedicados à minha vida pessoal e académica através de inúmeros conselhos dados em conversas sempre enriquecedoras que me ajudaram a crescer intelectual, profissional e pessoalmente.

À minha família, nas pessoas da Avó Gena e da Tia Hija, desejo manifestar o meu sentido agradecimento por toda a vivência partilhada, aqui em particular, o apoio incondicional à minha vida académica.

*Miguel Maria da Costa Freire*

## RESUMO

A região de Alvega é uma área topograficamente contrastada oscilando entre as cotas 20 e 299 metros. É caracterizada por extensa área planáltica constituída por terrenos detríticos essencialmente areno-argilosos por vezes com cascalheiras, encontrando-se fortemente dissecada por uma densa rede hidrográfica por vezes instalada em linhas de fractura. Pontualmente ocorrem intrusões de rochas magmáticas ao longo das linhas de fractura dando origem a pequenas colinas no seio do planalto. A dinâmica fluvial conduziu à formação de reduzidas planícies constituídas por aluviões e depósitos de antigas praias além do desenvolvimento de terraços, por vezes, de dimensões apreciáveis. A influência destas características topográficas reflecte-se num mosaico complexo de climas locais.

Esta investigação é um estudo dos climas locais da região de Alvega aplicado à olivicultura tendo como objectivo primordial a caracterização e síntese cartográfica dos climas locais com vista à definição das suas potencialidades para a prática da olivicultura.

À escala local, estudaram-se os regimes e contrastes da temperatura do ar, precipitação e vento bem como os padrões espaciais das temperaturas mínimas do ar. No âmbito do estudo destes últimos foi construída e instalada na região uma rede de postos termométricos automáticos.

A síntese cartográfica dos climas locais teve por base a definição dos climatopos a partir das unidades de relevo classificadas por factores que reflectem comportamentos climáticos particulares. O uso do solo sobrepõe-se a estas influenciando-as, alterando o seu cariz climático. O conhecimento prévio da variação de elementos climáticos em função da topografia e do uso do solo permitiu verificar a correspondência para algumas unidades. As restantes unidades foram caracterizadas por interpretação baseada no conhecimento de outros locais da região. A análise e integração dos descritores-base empregues na definição dos climas locais foram realizadas em ambiente SIG. A carta dos climas locais da região de Alvega exhibe uma legenda simples e de fácil interpretação onde se encontram sistematizadas as principais características dos climas locais constituindo uma ferramenta passível de aplicação no ordenamento do território.

A análise dos requisitos climáticos da oliveira ao longo do seu ciclo vegetativo relacionada com as características dos climas locais permitiu determinar as potencialidades climáticas à olivicultura. A carta das potencialidades climáticas locais à olivicultura na região de Alvega constitui uma aplicação ao ordenamento agrícola do território.

**Palavras chave:** climas locais, olivicultura, potencialidades climáticas, região de Alvega.

## ABSTRACT

The Alvega region is a topographically contrasted area with an altitude ranging from 20 to 299 meters. It is characterized by an extensive plateau area with mainly detrital sand-clay soil, mixed, in some places, with gravel and heavily dissected by a dense hydrographic network sometimes installed on fault lines. Magmatic intrusions occur occasionally along the fault lines giving rise to small hills on the plateau. The fluvial dynamics led to the formation of small alluvial plains formed by ancient beaches and deposits and to the development of terraces, sometimes of considerable size. The influence of these topographic features is reflected in a complex mosaic of local climates.

This research is a study of local climates in the Alvega region applied to olive growing and has as its primary objective the characterization and synthesis mapping of local climates, in order to define its potential for olive growing.

We carried out studies, at local scale, of schemes and contrasts in air temperature, precipitation, wind, as well as of spatial patterns of minimum air temperatures. In order to study the latter we constructed and installed a network of automatic thermometric stations in the region.

The synthesis mapping of local climates was based on the definition of climatopes from landscape units classified by factors that reflect specific climate behaviour. The land use overlaps with those influencing them, changing their climate profile. Prior knowledge of the variation of climatic elements depending on the topography and land use showed the correspondence for some units. The remaining units were characterized by knowledge-based interpretation of the surrounding regions. The analysis and integration of basic descriptors used in the definition of local climates were performed in a GIS environment. The map of local climates of the Alvega region displays a simple and easy to interpret caption, in which the main characteristics of local climates are systematized, and represents a tool for planning.

The analysis of the climatic requirements of olive trees throughout its growth cycle related to the characteristics of local climates allowed to determine the climatic potential for olive growing. The map of the local climatic potential to olive growing in the Alvega region, prepared in this investigation, can be applied to agricultural land planning.

**Key words:** local climates, olive growing, climatic potential, Alvega region.

# ÍNDICE

Preâmbulo.....	i
Resumo.....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Quadros.....	xiv
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I – <i>Enquadramento Geográfico</i>.....</b>	<b>5</b>
1. Introdução.....	5
2. Morfologia, ocupação do solo e características climáticas regionais.....	7
2.1 Morfologia.....	7
2.2 Ocupação do solo.....	11
2.3 Características climáticas regionais.....	14
2.3.1 Informação meteorológica de uma estação de referência.....	18
2.3.2 Temperatura do ar.....	19
2.3.3 Precipitação.....	20
2.3.4 Vento.....	22
<b>Capítulo II – <i>Climas de Áreas de Relevo Acidentado e Agricultura</i>.....</b>	<b>24</b>
1. Introdução.....	24
2. Elementos climáticos essenciais à agricultura e sua dependência de factores geográficos.....	25
2.1 Radiação solar e insolação.....	25
2.2 Temperatura e brisas térmicas.....	27
2.3 Humidade do ar.....	31
2.4 Precipitação.....	32
2.5 Ventos modificados pela topografia.....	33
<b>Capítulo III – <i>Regimes e Contrastes da Temperatura, Precipitação e Vento</i>.....</b>	<b>34</b>
1. Introdução.....	34
2. Informação climática utilizada.....	35

2.1 Dados meteorológicos existentes.....	35
2.1.1 Estação meteorológica e postos udométricos automáticos do INAG, IP.....	35
2.1.2 Estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA.....	36
2.2 Dados meteorológicos monitorizados.....	37
2.2.1 Postos termométricos automáticos do próprio .....	37
3. Regimes e contrastes térmicos.....	38
3.1 Regime da temperatura do ar.....	41
3.2 Variação espacial da temperatura do ar.....	48
3.3 Factores que condicionam a variação espacial da temperatura do ar.....	49
4. Padrões das temperaturas mínimas do ar diárias no Inverno de 2009/2010.....	50
4.1 Introdução.....	50
4.2 Classificação das temperaturas mínimas.....	55
4.3 Características das temperaturas mínimas no Inverno de 2009/2010.....	62
5. Regimes e contrastes pluviométricos.....	63
5.1 Regime da precipitação.....	64
5.2 Variação espacial da precipitação.....	68
5.3 Factores que condicionam a variação espacial da precipitação.....	69
6. Regime do vento.....	70
<b>Capítulo IV – <i>Climas Locais, Características e Distribuição</i>.....</b>	<b>73</b>
1. Introdução.....	73
2. Carta das unidades de relevo.....	74
3. Definição dos climatopos.....	76
3.1 Relevo.....	76
3.1.1 Exposição das vertentes.....	76
3.1.2 <i>Sky view factor</i> dos fundos de vale.....	77
3.2 Uso do solo.....	78
4. Climas locais.....	79
4.1 Introdução.....	79
4.2 Características e distribuição dos climas locais.....	81
4.2.1 Planalto Construído, Planalto Agrícola e Planalto Florestal.....	81
4.2.2 Topos de Interflúvio Construídos, Topos de Interflúvio Agrícolas e Topos de Interflúvio Florestais.....	81
4.2.3 Vertentes Construídas, Vertentes Agrícolas e Vertentes Florestais.....	82
4.2.4 Fundos de Vale Construídos, Fundos de Vale Agrícolas e Fundos de Vale Florestais.....	83



4.2.5 Terraços Fluviais Construídos, Terraços Fluviais Agrícolas e Terraços Fluviais Florestais.....	84
<b>Capítulo V – <i>Potencialidades Olivícolas dos Climas Locais</i>.....</b>	<b>87</b>
1. Introdução.....	87
2. Requisitos climáticos da olivicultura.....	88
3. Condições climáticas favoráveis/limitantes à olivicultura.....	90
3.1 Radiação solar.....	91
3.1.1 Fundamento teórico na construção do modelo de radiação solar directa potencial.....	91
3.1.2 Variáveis de base.....	92
3.1.3 Carta da radiação solar directa potencial.....	92
3.2 Temperatura.....	92
3.2.1 Temperatura diurna e ciclo vegetativo anual.....	92
3.2.2 Temperatura nocturna e perigo de geada.....	105
3.3 Insolação.....	108
3.3.1 Variáveis de base.....	108
3.3.2 Carta da insolação potencial.....	108
3.4 Precipitação.....	109
3.5 Vento.....	112
4. Acidentes agroclimatológicos e olivicultura.....	113
4.1 Excesso de humidade no solo e chuvas torrenciais.....	113
4.2 Geadas, neve e granizo.....	115
4.3 Vento.....	117
4.4 Insolação.....	118
4.5 Temperaturas altas.....	118
5. Potencialidades climáticas locais à olivicultura.....	119
5.1 Aptidão e constrangimentos climáticos locais à olivicultura.....	119
5.1.1 Planalto e Topos de Interflúvios.....	120
5.1.2 Vertentes.....	120
5.1.3 Fundos de Vale.....	120
5.1.4 Terraços Fluviais.....	121
5.2 Carta das potencialidades climáticas locais para a olivicultura.....	121
<b>Conclusão.....</b>	<b>124</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo I – Enquadramento Geográfico

<b>Figura 1.1</b> – Enquadramento geográfico da região de Alvega.....	5
<b>Figura 1.2</b> – Modelo digital do terreno (MDT) e enquadramento hidrográfico da região de Alvega.....	6
<b>Figura 1.3</b> – Modelo digital do terreno (MDT) e enquadramento administrativo da região de Alvega.....	6
<b>Figura 1.4</b> – Modelo digital do terreno (MDT) da região de Alvega (altimetria em classes com intervalos de 20 m).....	7
<b>Figura 1.5</b> – Carta de declives (%) da região de Alvega.....	8
<b>Figura 1.6</b> – Topografia da região de Alvega e localização dos principais locais referidos no texto (curvas de nível com equidistância de 50 m).....	10
<b>Figura 1.7</b> – Ilustração fotográfica do uso do solo na região de Alvega (Fonte: Própria).....	13
<b>Figura 1.8</b> – Gráfico termo-pluviométrico de Alvega para o período de 1948 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	14
<b>Figura 1.9</b> – Contrastes térmicos na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído de Mapas Climáticos de Portugal: Nevoeiro e Nebulosidade e Contrastes Térmicos, para o período de 1931-1960, na escala 1: 1 000 000, <i>in</i> Daveau <i>et al.</i> , 1985).....	15
<b>Figura 1.10</b> – Nevoeiro e nebulosidade na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído de Mapas Climáticos de Portugal: Nevoeiro e Nebulosidade e Contrastes Térmicos, para o período de 1931-1960, na escala 1: 1 000 000, <i>in</i> Daveau <i>et al.</i> , 1985).....	16
<b>Figura 1.11</b> – Nevoeiro (n.º de dias/mês) em Alvega no período de 1949 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	16
<b>Figura 1.12</b> – Geada (n.º de dias/mês) em Alvega no período de 1949 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	17
<b>Figura 1.13</b> – Climograma Pluviométrico do Coeficiente de Emberger (Q) (Adaptado de Alcoforado <i>et al.</i> , 1993).....	18
<b>Figura 1.14</b> – Local de instalação da estação meteorológica de referência (Rede Meteorológica do Instituto de Meteorologia - IM).....	19
<b>Figura 1.15</b> – Regime da temperatura média, média máxima, média mínima, máxima absoluta e mínima absoluta (°C) em Alvega para o período de 1948 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	20
<b>Figura 1.16</b> – Precipitação média mensal (mm) em Alvega no período de 1948 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	20
<b>Figura 1.17</b> – Precipitação anual na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído do Mapa da Precipitação de Portugal, para o período de 1931-1960, na escala 1: 50 000, <i>in</i> Daveau <i>et al.</i> , 1977).....	21
<b>Figura 1.18</b> – Número anual de dias com precipitação na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído do Mapa da Precipitação de Portugal, para o período de 1931-1960, na escala 1: 50 000, <i>in</i> Daveau <i>et al.</i> , 1977).....	22

<b>Figura 1.19</b> – Frequência (%) do rumo do vento em Alvega para o período de 1957 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	23
<b>Figura 1.20</b> – Velocidade (km/h) do vento em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	23

## Capítulo II – *Climas de Áreas de Relevância Acidentada e Agricultura*

<b>Figura 2.1</b> – Lei do Coseno da Iluminação. (a) Cálculo do ângulo $\Theta$ entre a superfície e os raios solares. (b) Variação da razão entre a intensidade do fluxo radiativo ( $\hat{S}$ ) e a radiação numa superfície perpendicular aos raios solares ( $S_i$ ), em função do ângulo $\Theta$ (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).....	25
<b>Figura 2.2</b> – Variação diurna da radiação solar incidente em superfícies com diferentes exposições e declives para 40° de Latitude Norte: (a) Equinócios; (b) Solstício de Verão; (c) Solstício de Inverno (Oke, 1987 extraída de Mora, 2006).....	26
<b>Figura 2.3</b> – Sistemas de brisas diurnos em áreas de relevo acidentado (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).....	28
<b>Figura 2.4</b> – Sistemas de brisas nocturnos em áreas de relevo acidentado (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).....	28
<b>Figura 2.5</b> – Desenvolvimento da cintura térmica (Geiger <i>et al.</i> , 1995).....	29
<b>Figura 2.6</b> – Nuvens e precipitação resultantes da condensação derivada da ascensão das massas de ar ao longo das vertentes (Whiteman, 2000).....	32

## Capítulo III – *Regimes e Contrastes da Temperatura, Precipitação e Vento*

<b>Figura 3.1</b> – Localização geográfica das estações meteorológicas, postos udométricos e postos termométricos automáticos (A - Alvega, AT - Alto do Termo, B - Bemposta, C - Coalhos, A (C) - Abrantes (Concavada), CTP - Central Termoeléctrica do Pego, E - Entrudo, G - Gavião, M - Margem, MC - Montes Cimeiros, P - Pego, Pd - Pedregulho, R - Represa).....	35
<b>Figura 3.2</b> – Locais de instalação da estação meteorológica e postos udométricos automáticos do Instituto da Água (Rede Meteorológica do INAG, IP).....	36
<b>Figura 3.3</b> – Locais de instalação das estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA (Rede Meteorológica da Central Termoeléctrica do Pego, SA).....	37
<b>Figura 3.4</b> – Locais de instalação dos postos termométricos do próprio (Rede Meteorológica do Próprio).....	39
<b>Figura 3.5</b> – Variação da temperatura média anual na região de Alvega no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	42
<b>Figura 3.6</b> – Regime anual da temperatura média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	42
<b>Figura 3.7</b> – Regime anual da temperatura mínima média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	43
<b>Figura 3.8</b> – Regime anual da temperatura mínima absoluta na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	44
<b>Figura 3.9</b> – Regime anual da temperatura máxima média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	44
<b>Figura 3.10</b> – Regime anual da temperatura máxima absoluta na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	45

<b>Figura 3.11</b> – Perfis topográficos transversais aos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos com a localização dos postos termométricos.....	51
<b>Figura 3.12</b> – Hora de ocorrência da temperatura mínima diária no vale da ribeira da Represa (Alto do Termo, Represa e Entrudo) e no vale da ribeira de Coalhos (Pedregulho, Coalhos, Montes Cimeiros) no período de 7/2/2010 a 27/3/2010.....	52
<b>Figura 3.13</b> – Média da diferença da temperatura dos postos termométricos, em relação ao Entrudo (posto de referência) para os <i>clusters</i> 1 e 2. No <i>cluster</i> 1 as diferenças são negativas para locais de fundos de vale e no <i>cluster</i> 2 são quase positivas.....	54
<b>Figura 3.14</b> – Média da diferença da temperatura dos postos termométricos, em relação ao Montes Cimeiros (posto de referência) para os <i>clusters</i> 1 e 2. No <i>cluster</i> 1 as diferenças são negativas para locais de fundos de vale e no <i>cluster</i> 2 são quase positivas.....	54
<b>Figura 3.15</b> – Perfil topográfico entre o Alto do Termo e Entrudo e perfis térmicos, com a variação das temperaturas médias do ar registadas em episódios classificados nos <i>clusters</i> 1 e 2.....	59
<b>Figura 3.16</b> – Perfil topográfico entre o Pedregulho e Montes Cimeiros e perfis térmicos, com a variação das temperaturas médias do ar registadas em episódios classificados nos <i>clusters</i> 1 e 2.....	60
<b>Figura 3.17</b> – Regime anual da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	64
<b>Figura 3.18</b> – Regime mensal da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	65
<b>Figura 3.19</b> – Rumo do vento (frequência - %) na CTP no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	70
<b>Figura 3.20</b> – Rumo do vento (frequência - %) em Gavião no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	71
<b>Figura 3.21</b> – Rumo do vento (frequência - %) no Pego no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	71
<b>Figura 3.22</b> – Rumo do vento (frequência - %) em S. Facundo no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	71
<b>Figura 3.23</b> – Regime anual da velocidade do vento na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	72

#### Capítulo IV – *Climas Locais, Características e Distribuição*

<b>Figura 4.1</b> – Carta das unidades de relevo da região de Alvega.....	74
<b>Figura 4.2</b> – Carta de exposição das vertentes da região de Alvega.....	77
<b>Figura 4.3</b> – <i>Sky view factor</i> (SVF) dos fundos de vale da região de Alvega.....	78
<b>Figura 4.4</b> – Carta do uso do solo da região de Alvega.....	79
<b>Figura 4.5</b> – Esquema metodológico empregue na construção da carta dos climas locais da região de Alvega.....	80
<b>Figura 4.6</b> – Carta dos climas locais da região de Alvega.....	86

#### Capítulo V – *Potencialidades Olivícolas dos Climas Locais*

<b>Figura 5.1</b> – Carta da radiação solar directa potencial (média diária de Maio a Junho) da região de Alvega.....	93
<b>Figura 5.2</b> – Caracterização ilustrada das fases fenológicas do ciclo vegetativo da oliveira (Fonte: <a href="http://www.infolivo.com">http://www.infolivo.com</a> ).....	94-95

<b>Figura 5.3</b> – Exigências térmicas da oliveira na região de Alvega (Adaptado de Jaraquemada, 1977) (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	101-102
<b>Figura 5.4</b> – Frequência de ocorrência de geada (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	106
<b>Figura 5.5</b> – Carta do perigo de geada de radiação na região de Alvega.....	108
<b>Figura 5.6</b> – Carta da duração da insolação (média diária de Maio a Junho) da região de Alvega.....	109
<b>Figura 5.7</b> – Balanço hidrológico do solo em Alvega no período de 1948 a 1988 calculado segundo o método de Thornthwaite-Mather para uma reserva útil (RU) de 50 mm (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	112
<b>Figura 5.8</b> – Balanço hidrológico do solo em Alvega no período de 1948 a 1988 calculado segundo o método de Thornthwaite-Mather para uma reserva útil (RU) de 100 mm (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	112
<b>Figura 5.9</b> – Frequência de ocorrência de neve (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	115
<b>Figura 5.10</b> – Frequência de ocorrência de solo coberto de neve (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	116
<b>Figura 5.11</b> – Frequência de ocorrência de temperatura mínima inferior a 0 °C (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	116
<b>Figura 5.12</b> – Frequência de ocorrência de granizo e saraiva (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	117
<b>Figura 5.13</b> – Valores médios mensais de insolação I (horas) total em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	118
<b>Figura 5.14</b> – Frequência de ocorrência de temperatura máxima superior a 35 °C (% de dias/mês) em Alvega no período de 1970 a 1988 (Fonte dos dados: <i>Anuário Climatológico de Portugal</i> do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).....	119
<b>Figura 5.15</b> – Extensão (%) da aptidão olivícola dos climas locais na região de Alvega: <i>Com Aptidão</i> – Planalto (P) e Topos de Interflúvio (TI); <i>Com Aptidão Condicionada</i> – Terrços Fluviais (TF); <i>Sem Aptidão</i> – Vertentes (V) e Fundos de Vale (FV).....	122
<b>Figura 5.16</b> – Carta das potencialidades climáticas locais à olivicultura na região de Alvega.....	123

## ÍNDICE DE QUADROS

### Capítulo I – *Enquadramento Geográfico*

<b>Quadro 1.1</b> – Caracterização da estação meteorológica de referência (Rede Meteorológica do Instituto de Meteorologia - IM).....	18
---	----

### Capítulo III – *Regimes e Contrastes da Temperatura, Precipitação e Vento*

<b>Quadro 3.1</b> – Caracterização da estação meteorológica e postos udométricos automáticos do Instituto da Água, IP (Rede Meteorológica do INAG, IP).....	36
<b>Quadro 3.2</b> – Caracterização das estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA (Rede Meteorológica da Central Termoelétrica do Pego, SA).....	37
<b>Quadro 3.3</b> – Características dos postos termométricos do próprio (Rede Meteorológica do Próprio).....	38
<b>Quadro 3.4</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas mínimas absolutas nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para $p < 0,05$ . Notar a maior correlação entre as estações mais próximas geograficamente.....	40
<b>Quadro 3.5</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas mínimas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para $p < 0,05$ . Notar as maiores correlações entre as estações em posição topográfica similar.....	40
<b>Quadro 3.6</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para $p < 0,05$ .....	41
<b>Quadro 3.7</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas máximas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para $p < 0,05$ .....	41
<b>Quadro 3.8</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas máximas absolutas nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para $p < 0,05$ .....	41
<b>Quadro 3.9</b> – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação da CTP para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	46
<b>Quadro 3.10</b> – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação de Gavião para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	47
<b>Quadro 3.11</b> – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação do Pego para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	47
<b>Quadro 3.12</b> – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação de S. Facundo para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).....	48
<b>Quadro 3.13</b> – Hora do nascer do Sol nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/2010 a 27/3/2010 (Fonte: <a href="http://www.zenite.nu">http://www.zenite.nu</a> ).....	53

<b>Quadro 3.14</b> – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas às 8h nos vários locais estudados (todas os resultados são estatisticamente significativos, para $p < 0,05$ ). Notar o maior significado das correlações entre os postos termométricos com a mesma posição topográfica. Os postos termométricos situados em posição de fundo de vale estão a negrito.....	54
<b>Quadro 3.15</b> – Síntese dos dados registados durante o Inverno de 2009/2010 na região de Alvega às 8h.....	58
<b>Quadro 3.16</b> – Grau de estabilidade da atmosfera à superfície às 12h em Portugal Continental nos dias incluídos nos <i>clusters</i> 1 e 2 nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/2010 a 27/3/2010 (Fonte: <a href="http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaur.html">http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaur.html</a> ).....	61
<b>Quadro 3.17</b> – Coeficientes de correlação (R) para a precipitação anual nas estações da região de Alvega e envolvente próxima. Todos os coeficientes de correlação (R) apresentam valores superiores a 0.8.....	63
<b>Quadro 3.18</b> – Precipitação média anual (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação/postos udométricos da região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	64
<b>Quadro 3.19</b> – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação meteorológica de Abrantes (Concavada) para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	66
<b>Quadro 3.20</b> – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico da Bemposta para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	67
<b>Quadro 3.21</b> – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico de Gavião para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	67
<b>Quadro 3.22</b> – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico da Margem para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).....	68

## Capítulo V – *Potencialidades Olivícolas dos Climats Locais*

<b>Quadro 5.1</b> – Datas médias de início das fases fenológicas da oliveira na região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).....	96
<b>Quadro 5.2</b> – Limiares em Graus-Dia (GD) de ocorrência das fases fenológicas da oliveira segundo Francolini ( <i>Cit. in</i> Jaraquemada, 1977).....	97
<b>Quadro 5.3</b> – Intervalos (em dias) entre as fases fenológicas próximas da oliveira na região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).....	98
<b>Quadro 5.4</b> – Valores dos parâmetros para a oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.) definidos em Melo-Abreu <i>et al.</i> (2004) utilizados na calibração do modelo de previsão das datas de floração. TU, o total de unidades de frio até ao fim da vernalização; e TT (°C Dias), o tempo térmico desde o fim da vernalização até à plena floração. RMSE (Dias), o erro médio quadrático das datas previstas de floração. * valores referentes à variedade <i>Hojiblanca</i> por ser, dentro das variedades empregues no estudo realizado em Melo-Abreu <i>et al.</i> , 2004 aquela que apresenta maiores necessidades de frio e de calor.....	104
<b>Quadro 5.5</b> – Datas da floração da oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.) nos diversos locais da região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2000).....	105
<b>Quadro 5.6</b> – Resultados da análise estatística dos valores máximos no ano na quantidade diária de precipitação em Portugal Continental para as estações meteorológicas e udométricas de Alvega e Gavião.....	115





## INTRODUÇÃO

De acordo com Mariano Feio (1991), os “(...) mecanismos fisiológicos das plantas são numerosos, complicados e muitos deles influenciados pelo clima, já que as plantas não têm temperatura própria e vivem em estreita dependência do ambiente exterior”. Assim, as culturas agrícolas apresentam exigências apenas capazes de serem satisfeitas por determinados climas os quais, determinam as suas ‘potenciais’ localizações. Isto porque, nem só as condições naturais (das quais o clima é parte integrante) contam, sendo também necessário que “(...) haja consumo, o que toma expressão num mercado e num preço. Para a formação deste é decisiva a concorrência e assim aparecem outras regiões, talvez outros climas. Para o agricultor, o preço tem a maior importância: a mesma cultura, na mesma região, poderá desenvolver-se ou reduzir-se, senão extinguir-se, conforme ele for; não se esqueça que a agricultura é uma actividade económica” (Feio, 1991).

A escala local é a mais adequada aos estudos de climatologia aplicados à agricultura uma vez que oferece a possibilidade de “(...) reconhecer e estudar as influências dos factores geográficos locais, que geram por vezes grandes diferenças nas características climáticas em pequenas áreas” (Mora, 1998). A tipologia de informação contida nos estudos de clima local é aquela que se manifesta passível de utilização por técnicos de planeamento, agrónomos, botânicos, geomorfólogos, entre outros, no planeamento e no ordenamento do território. Curiosamente, os “(...) estudos ao nível do clima local começaram quando surgiu a necessidade, na agricultura, e mais tarde no planeamento regional, de conhecer as características climáticas da camada de ar mais próxima do solo, bem como a variabilidade dos elementos climáticos numa determinada área” (Mora, 1998).

A distribuição dos elementos do clima é influenciada por diferentes factores geográficos em função da escala climática de análise. No seio de um território caracterizado por determinado clima regional, factores geográficos como a topografia e as características da superfície terrestre originam um mosaico complexo de climas à escala local (Alcoforado, 1993, Barry, 1994 e Geiger *et al.*, 1995). Os climas locais encontram-se assim sob a influência do clima da região onde se inserem o qual, é controlado por factores geográficos como a latitude, a longitude, a altitude, a topografia e a exposição às massas de ar.

A escala local faz a transição entre a mesoescala e a microescala na organização dos estudos do clima. Deste modo, a escala climática local adequa-se ao estudo de fenómenos com expressão espacial variável entre os 100 m e os 50 km (Oke, 1996) ocorrentes na *Planetary Boundary Layer* cuja espessura varia de 1 a 2 km (Garratt, 1994). Em termos temporais, os fenómenos meteorológicos a esta escala desenvolvem-se no espaço de algumas horas a meses. No entanto,

Oke (1996) adverte para o facto dos fenómenos meteorológicos estarem interligados constituindo um todo.

O estudo do clima à escala local através do uso de métodos de observação directa implica a realização de trabalho de campo (Geiger *et al.*, 1995). No âmbito do presente estudo dos climas locais aplicado à olivicultura foi construída e instalada uma rede meteorológica na região de Alvega no período de 7 de Fevereiro a 27 de Março de 2010 com o objectivo de monitorizar a temperatura do ar. A referida rede composta por 6 postos termométricos automáticos dispostos ao longo de dois vales configurava 2 perfis topográficos transversais. Os *data loggers* instalados nos postos termométricos automáticos em abrigo normal a 1.5 m do solo foram programados para efectuar leituras de 15 em 15 minutos. Além dos dados adquiridos através dos postos termométricos automáticos instalados, utilizaram-se também os dados das estações meteorológicas e postos udométricos das redes do IM, IP, PEGOP, SA e INAG, IP.

A posição geográfica continental e a topografia contrastada são algumas das características que tornam a região de Alvega apetecível a um estudo de climatologia local. No entanto, para a viabilidade da região de Alvega enquanto área de estudo da presente investigação foi decisivo a disponibilidade de elementos cartográficos e meteorológicos por tudo o que representa para um estudo desta índole. Não obstante o disposto, a relação afectiva com alguns proprietários locais e o desejo íntimo de aprofundar o conhecimento da região também não estão imunes a esta escolha.

Desde tempos imemoriais que a olivicultura se assume como uma actividade agrícola com um importante peso social e económico na região de Alvega. A propósito Patrão (2003) refere que a “(...) azeitona, produto mediterrânico, cultivado nos tempos antigos, teve apoio régio e constituía uma das riquezas da nossa terra. Seguia-se um ritual, que vem de séculos, na apanha da azeitona que se manteve até há pouco. Começava antes do nascer do sol, com o toque do búzio que despertava o pessoal da apanha para iniciar o trabalho ao nascer até ao pôr do sol. O cultivo e respeito por esta cultura fazia parte da vida da população. Estimula-se o plantio da oliveira, como se acentua, através de posturas, os cuidados a ter na cultura e apanha da azeitona, castigando-se os abusos”. De acordo com Soveral Dias *et al.* (2000) a “(...) perfeita adaptação da cultura às nossas condições edafo-climáticas permite que a olivicultura possa constituir actividade agrícola rentável se considerarmos que o seu produto final, o azeite, é hoje credor de generalizada aceitação pelos inquestionáveis benefícios na dieta alimentar humana”. Além disso, a dinamização da olivicultura constitui uma das escassas opções para as regiões desfavorecidas do interior do país (Soveral Dias *et al.*, 2000). Tendo em consideração o importante peso económico e social que a olivicultura tem em muitas regiões mediterrâneas, a Comissão Europeia através da Decisão C (2007) 6159, de 4 de Dezembro, aprovou o Programa de Desenvolvimento Rural (PRODER) o qual, constitui um instrumento estratégico e financeiro de apoio ao desenvolvimento rural do Continente para o período 2007-2013 co-financiado pelo

Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER). Deste modo, o crescimento e a reestruturação do olival português a que assistimos actualmente é parcialmente financiada por fundos comunitários do Programa de Desenvolvimento Rural (PRODER) regulamentado pela Portaria n.º 289-A/2008, de 11 de Abril. Por último, refira-se que a produção nacional de azeite se encontra muito aquém das necessidades de consumo interno do país. De acordo com Erica Cabral (2009), embora “(...) o país exporte para países como Angola, Brasil, Canadá, EUA, Espanha, França, Venezuela e outros, o seu grau de auto aprovisionamento ronda apenas os 50% (INE, 2006)”.

A escolha da olivicultura para aplicação do presente estudo de climatologia local sobre a região de Alvega reveste-se assim de fundamentos de ordem geográfica, histórico-cultural, económica, social e política.

O controlo exercido sobre o clima pelos factores geográficos combinado com as exigências climáticas das culturas conduz à definição de um padrão territorial de aptidão climática. Neste sentido, estudos de clima local aplicados à agricultura capazes de contribuir para um ordenamento agrícola tomam especial pertinência, até porque como já se referiu a agricultura é uma actividade económica na qual a implantação de uma cultura constitui um investimento, sendo uma mais valia “(...) realizar estudos prévios necessários para conhecer aspectos da variedade a plantar, o solo e o clima que podem condicionar a rentabilidade da plantação” (Barranco *et al.*, 2008).

A presente investigação tem como objectivo orientador avaliar o potencial dos climas locais para a prática da olivicultura na região de Alvega, designação que se adopta para a área em estudo.

O texto que compõe esta investigação está organizado em cinco capítulos, nomeadamente o capítulo I - *Enquadramento Geográfico*, o capítulo II - *Climas de Áreas de Relevo Acidentado e Agricultura*, o capítulo III - *Regimes e Contrastes da Temperatura, Precipitação e Vento*, o capítulo IV - *Climas Locais, Características e Distribuição* e o capítulo V - *Potencialidades Olivícolas dos Climas Locais*.

No **capítulo I** é apresentado o enquadramento geográfico geral onde se destacam os principais traços da morfologia, ocupação do solo e clima da região de Alvega. A caracterização climática regional é realizada com base em trabalhos anteriores de âmbito climático e com recurso a registos das estações da rede meteorológica nacional disponíveis na área de estudo.

No **capítulo II** são identificadas as principais reacções fisiológicas à acção dos elementos climáticos essenciais à agricultura bem como os factores geográficos locais que os controlam. No **capítulo III** estudam-se os regimes e contrastes da temperatura do ar, precipitação e vento à escala local. O estudo foi desenvolvido com base nos registos das estações meteorológicas e postos udométricos das redes do INAG, IP e da PEGOP, SA situadas em diferentes posições topográficas. Pretende-se assim aprofundar o conhecimento da influência da topografia na

distribuição espacial da temperatura do ar, precipitação e vento. Além do referido, estuda-se a influência da topografia nos padrões espaciais das temperaturas mínimas diárias do ar em diferentes condições atmosféricas. Para tal, construíram-se e instalaram-se em diferentes posições topográficas 6 postos termométricos automáticos configurando 2 perfis topográficos transversais aos vales seleccionados como representativos do relevo da região de Alvega. Os *data loggers* instalados nos postos termométricos foram programados para efectuarem leituras de 15 em 15 minutos no período de 7 de Fevereiro a 27 de Março de 2010.

No **capítulo IV** é realizada a caracterização e síntese cartográfica dos climas locais da região de Alvega tendo como referência metodológica a síntese climática desenvolvida por Carla Mora em 2006 para a Serra da Estrela. O capítulo começa com a apresentação dos descritores base empregues na definição das unidades climo-topológicas. Posteriormente, os climas locais são definidos com base nas unidades climo-topológicas confirmadas pelos resultados obtidos no capítulo III ou baseada na interpretação apoiada no conhecimento de outros locais da região. A carta dos climas locais da região de Alvega apresenta uma legenda simples e de fácil interpretação por não-especialistas em climatologia onde se encontram sintetizadas as principais características dos climas locais permitindo a sua aplicação no ordenamento do território.

No **capítulo V** são apresentadas as potencialidades dos climas locais à prática da olivicultura na região de Alvega. As características dos climas locais são analisadas à luz dos requisitos climáticos da oliveira ao longo do seu ciclo vegetativo. Além disso, é avaliada a frequência de ocorrência dos acidentes agroclimatológicos da olivicultura. A aptidão e os constrangimentos climáticos que explicam o potencial climático da região de Alvega para a olivicultura são assim definidos a partir do estudo dos elementos climáticos condicionantes à oliveira e da frequência de ocorrência dos acidentes agroclimatológicos. Este capítulo constitui a aplicação dos conhecimentos dos climas locais da região de Alvega à olivicultura.

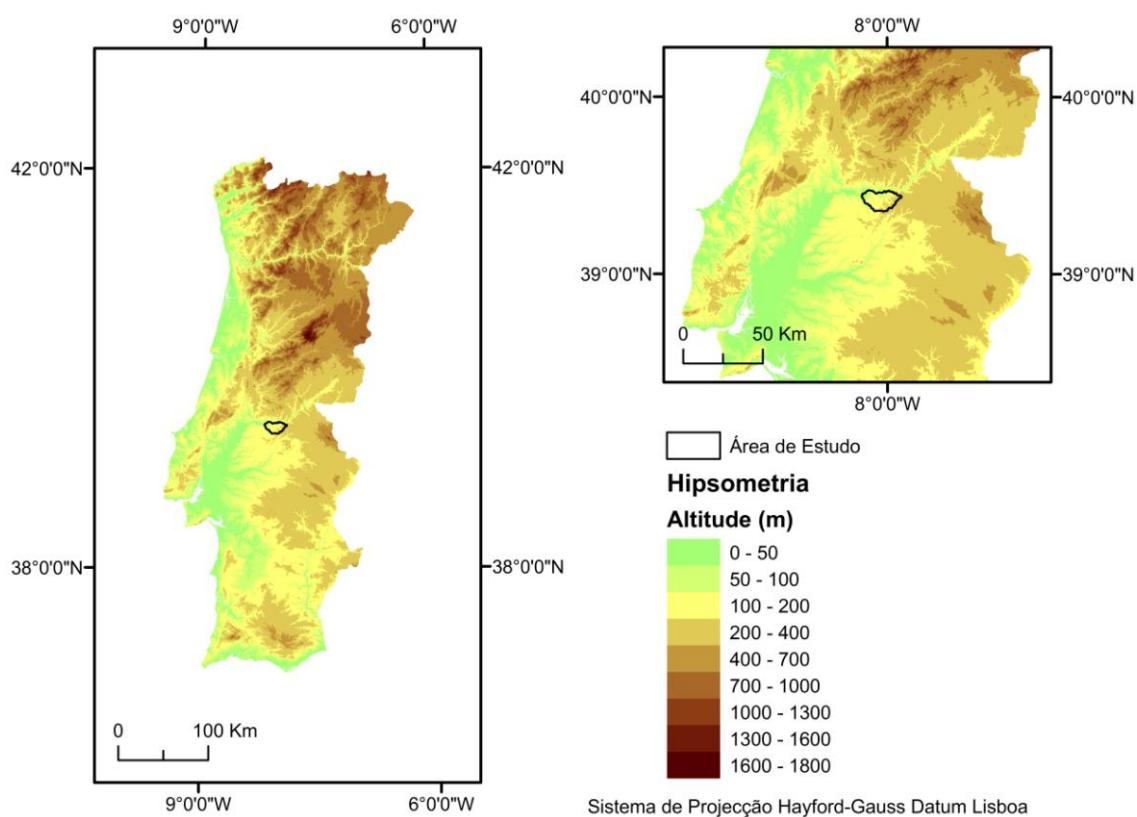
As principais conclusões resultantes desta investigação são apresentadas na **Conclusão**, dando-se particular ênfase às referentes às potencialidades dos climas locais à prática da olivicultura na região de Alvega.

# CAPÍTULO I

## *Enquadramento Geográfico*

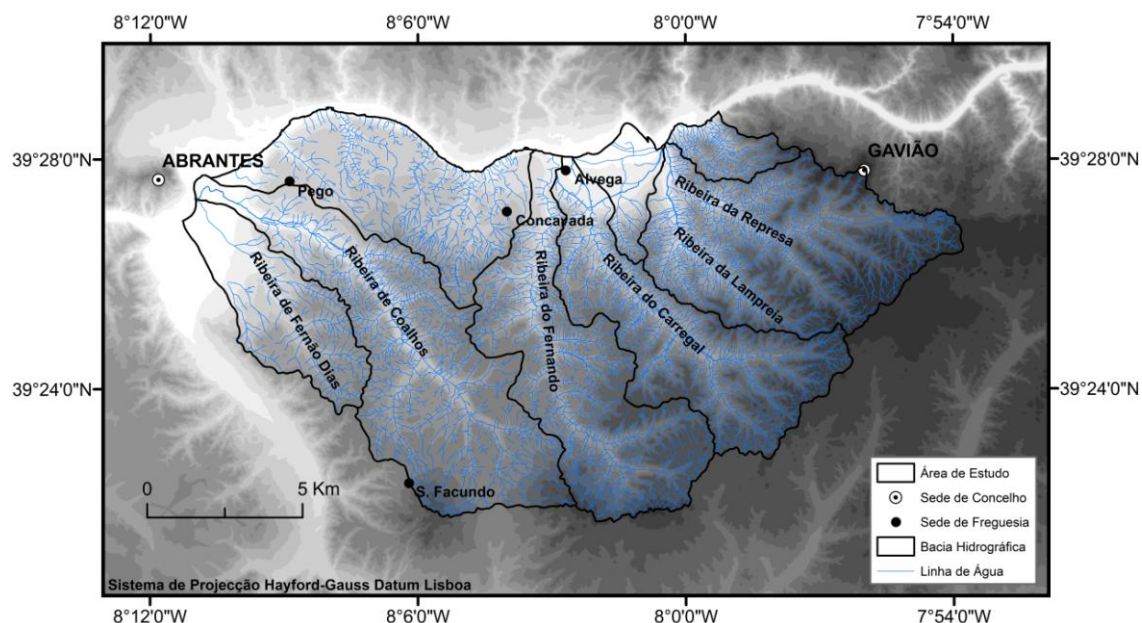
### 1. Introdução

A presente investigação de climatologia local aplicada à olivicultura incide numa área de cerca de 216 km<sup>2</sup>, localizada entre as latitudes aproximadas de 39° 21' 41'' N e 39° 28' 55'' N e as longitudes de 7° 53' 46'' W e 8° 11' 16'' W (Figura 1.1).



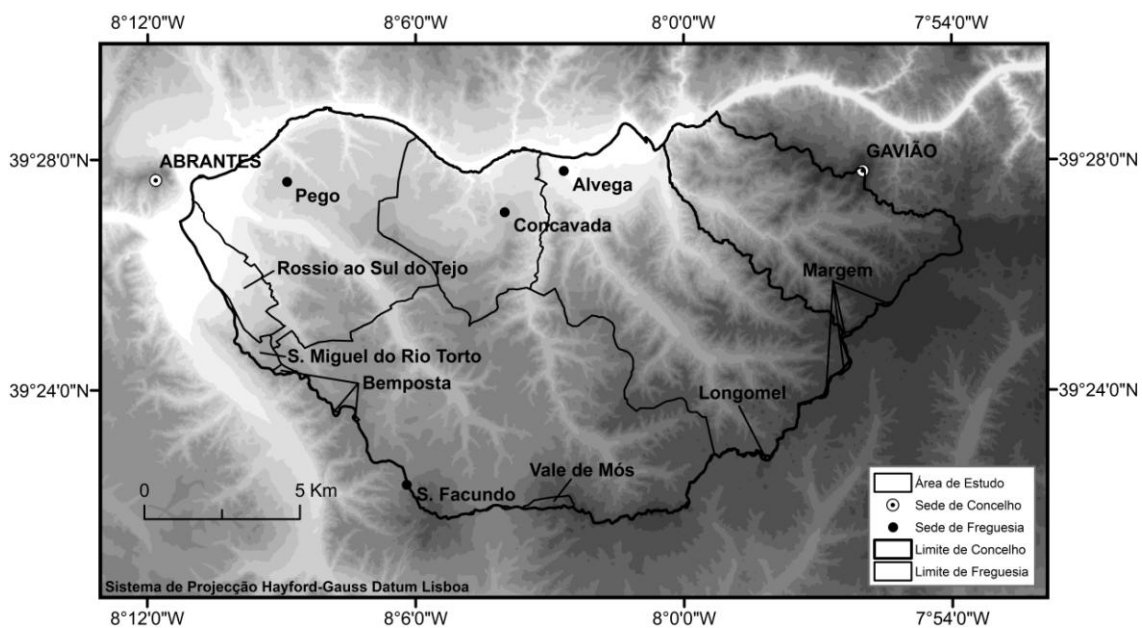
**Figura 1.1** – Enquadramento geográfico da região de Alvega.

Situada a pouco mais de 1 km a Sudeste da cidade de Abrantes, a região de Alvega corresponde a uma área alongada no sentido E-W compreendendo o conjunto de bacias hidrográficas dos afluentes da margem esquerda do rio Tejo desenvolvido entre os aglomerados urbanos de Gavião e Abrantes (Figura 1.2). Os interflúvios das bacias hidrográficas da ribeira de Fernão Dias e da ribeira da Represa constituem, respectivamente, os limites ocidental e oriental (Figura 1.2). A Sul, o limite corresponde aos interflúvios da ribeira de Coalhos, da ribeira do Fernando, da ribeira do Carregal e da ribeira da Lampreia (Figura 1.2). O rio Tejo banha a região numa extensão de aproximadamente 2,3 km, descrevendo o seu limite Norte (Figura 1.2).



**Figura 1.2** – Modelo digital do terreno (MDT) e enquadramento hidrográfico da região de Alvega.

Em termos administrativos, a região de Alvega abrange, em parte ou na íntegra, o território das freguesias de Alvega, Bemposta, Concavada, Pego, Rossio ao Sul do Tejo, S. Facundo, S. Miguel do Rio Torto e Vale de Mós do município de Abrantes, as freguesias de Gavião e Margem do município de Gavião e, a freguesia de Longomel do município de Ponte de Sor (Figura 1.3).



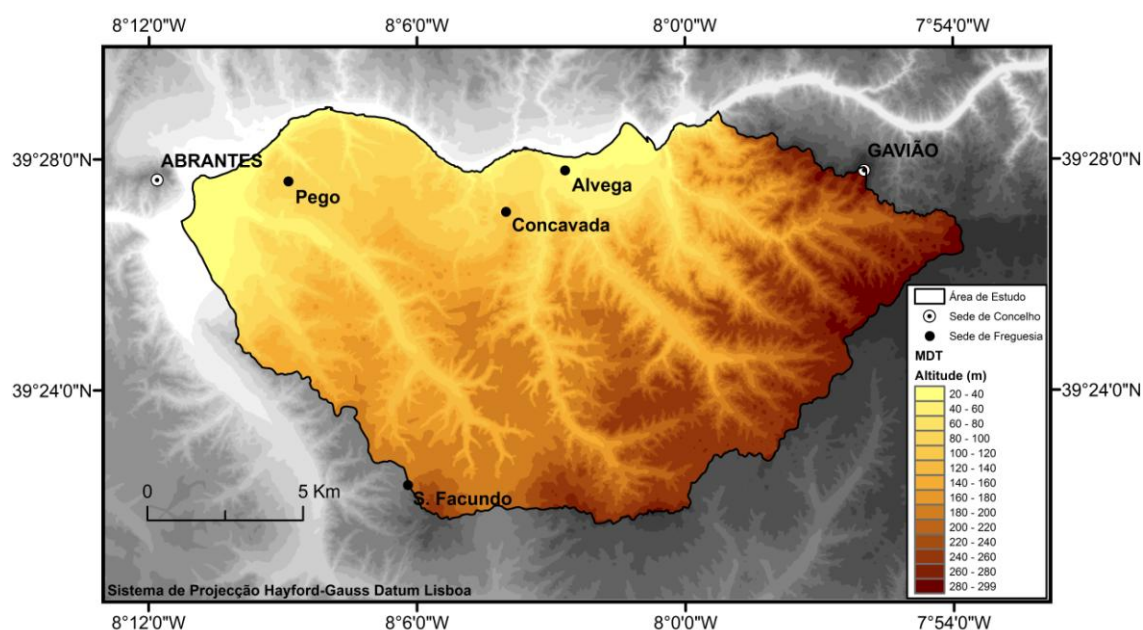
**Figura 1.3** – Modelo digital do terreno (MDT) e enquadramento administrativo da região de Alvega.

## 2. Morfologia, ocupação do solo e características climáticas regionais

### 2.1 Morfologia

A região de Alvega insere-se no bordo Norte da bacia terciária do Tejo em contacto com o maciço hespérico (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981) através do importante acidente tectónico do Sardoal (Zbyszewski *et al.*, 1981). O relevo da região apresenta-se condicionado pela acção erosiva do rio Tejo, orientada quase sempre pela tectónica (Gonçalves *et al.* 1979).

Em termos morfológicos, a área de estudo corresponde a uma área de relevo acidentado oscilando entre as cotas de 20 m, no extremo Noroeste e, 299 m no extremo Sudeste (Figura 1.4). É caracterizada por extensa e bem definida superfície planáltica de enchimento, sub-horizontal (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981), levemente inclinada para o rio Tejo (Gonçalves *et al.*, 1979) descendo suavemente de Sudeste para Noroeste a partir da altitude de 299 m (Figura 1.4). De acordo com Gonçalves *et al.* (1979), o vasto planalto não corresponde ao topo de enchimento terciário da bacia, uma vez que existem relevos residuais dos próprios depósitos. Segundo Carvalho (1968, *Cit. in* Gonçalves *et al.*, 1979) o “(...) planalto definido pela superfície de depósitos terciários, continua exteriormente à periferia da bacia, prolongando o planalto terciário para o interior do maciço antigo”. O planalto apresenta-se esventrado pelo sistema de vales constituintes da bacia do Tejo (Figura 1.4).



**Figura 1.4** – Modelo digital do terreno (MDT) da região de Alvega (altimetria em classes com intervalos de 20 m).



Os referidos vales, encaixados em forma de “V”, apresentam vertentes com declives iguais ou superiores a 10% à excepção do troço terminal onde manifestam maior amplitude apresentando as vertentes declives inferiores a 10% (Figura 1.5).

No contexto topográfico desta região, os declives acentuam-se de Sudoeste para Nordeste acompanhando a crescente erosão da cobertura ceno-antropozóica (Figura 1.5). As áreas planas (43.1%) com declives entre os 0 e os 6% correspondem a planícies aluviais, terraços fluviais e superfícies planálticas bem conservadas (Figura 1.5). As áreas ligeiramente onduladas (11.9%) com declives da ordem dos 6 inclusive a 10% e, as áreas acentuadamente onduladas (11.3%) com declives entre os 10 inclusive e os 15% pertencem a vertentes suaves, topos de interflúvios e superfícies degradadas de terraços fluviais e planaltos (Figura 1.5). As áreas acidentadas (33.7%) com declives superiores a 15% correspondem a vertentes declivosas e colinas (Figura 1.5).

Em termos litológicos, os terrenos com maior representação na região de Alvega são os constituintes da cobertura ceno-antropozóica, nomeadamente as aluviões modernas, os depósitos de terraços fluviais, os arenitos e conglomerados pliocénicos e as argilas e arenitos do miocénico superior (Gonçalves *et al.* e 1979, Zbyszewski *et al.*, 1981). O conjunto de terrenos constituintes da bacia terciária do Tejo fossiliza o substrato cristalofílico hercínico e antehercínico (Gonçalves *et al.*, 1979). Do maciço hespérico estão representados terrenos de idade precâmbrica existindo precâmbrico mais antigo, essencialmente, gnáissico e xistento, polimetamórfico e, precâmbrico xisto-arenítico, monofásico, que se lhe sobrepõe (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981).

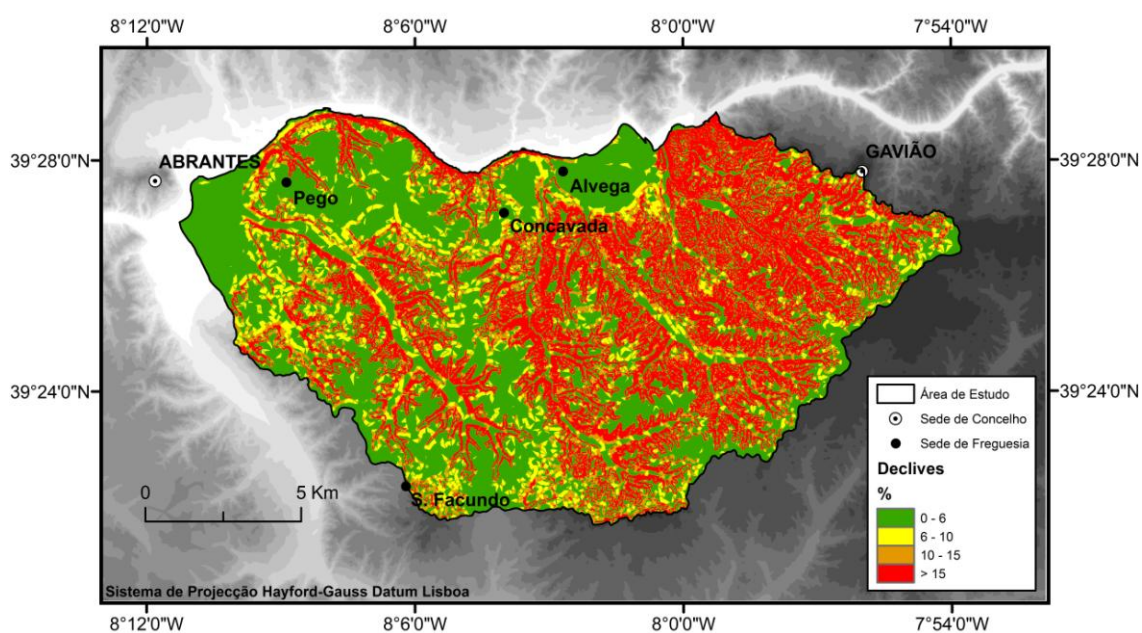


Figura 1.5 – Carta de declives (%) da região de Alvega.



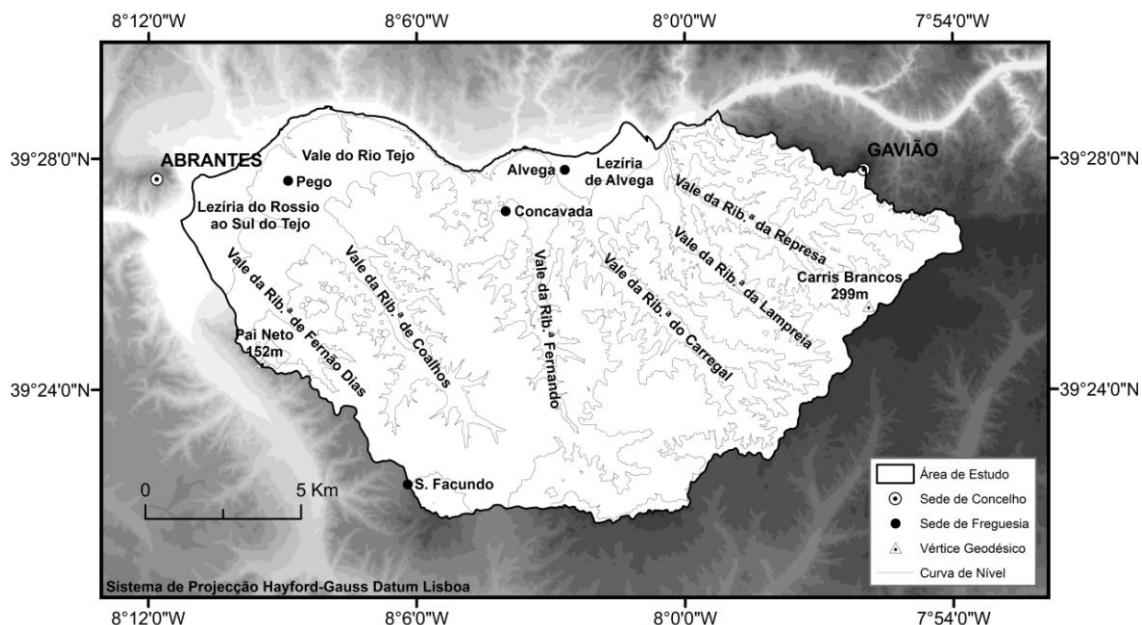
As aluviões observam-se em pequena escala ao longo das bacias aluviais dos principais cursos de água da região sendo constituídas por areias e argilas com seixos e calhaus rolados (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981). A sua maior expressão verifica-se no vale do Tejo, nomeadamente nas áreas da Lezíria de Alvega e da Lezíria do Rossio ao Sul do Tejo correspondendo a pequenos alargamentos locais do vale onde se depositaram aluviões transportados pelas cheias do rio Tejo (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981) (Figura 1.6).

Na região de Alvega, as areias superficiais de vales e de terraços cobrem uma pequena área a Sudoeste do aglomerado urbano do Pego, estendendo-se desde o sopé das vertentes junto das aluviões modernas até ao topo dos terraços de 8 a 15 m, subindo, em certos casos, pelas vertentes até chegar aos terraços mais elevados, de 75 a 95 m (Gonçalves *et al.*, 1979) (Figura 1.6). Trata-se de areias de géneses diversas, nomeadamente areias transportadas e depositadas pelas antigas cheias do rio Tejo e posteriores à formação dos terraços de 8 a 15 m, areias provenientes do transporte lateral por algumas linhas de água afluentes e, areias com transporte eólico a partir das areias fluviais depositadas nas áreas deprimidas (Gonçalves *et al.*, 1979).

Os depósitos de terraços fluviais observam-se, principalmente, na zona Norte da região de Alvega ao longo do vale do Tejo sendo constituídos, essencialmente, por areias, arenitos argilosos com níveis de seixos e cascalheiras (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981) (Figura 1.6). Ainda que com expressão mais reduzida, estes depósitos ocorrem também ao longo dos vales dos principais afluentes como a ribeira de Fernão Dias, a ribeira de Coalhos, a ribeira do Fernando, a ribeira do Carregal, a ribeira da Lampreia e a ribeira da Represa (Figura 1.6). No seio da área de estudo, os depósitos de terraços fluviais apresentam, essencialmente, a seguinte distribuição: os de 8 a 15 m formam pequenos retalhos na área a Sudoeste do aglomerado urbano do Pego onde estão, por vezes, cobertos por areias superficiais, os de 25 a 40 m adquirem expressão na área do Pego, os de 50 a 60 m ocorrem na área a Sudoeste do Pego e, os de 75 a 95 m afloram nas áreas do Pego e a Sudoeste deste aglomerado urbano (Figura 1.6).

A série de conglomerados e arenitos pliocénicos ocupa as áreas elevadas da topografia da região de Alvega as quais, correspondem ao planalto (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981) que se desenvolve entre as cotas de 152 m a Sudoeste do Pego (v.g. *Pai Neto*) e 299 m no extremo Sudeste (v.g. *Carris Brancos*) (Figura 1.6). Trata-se de depósitos de antigo estuário (pré-Tejo), pliocénico ou vilafranquiano os quais, formam manto contínuo e regular, constituído por cascalheiras de planalto, arenitos argilosos com seixos e argilas (Gonçalves *et al.*, 1979). De acordo com Gonçalves *et al.* (1979) estes “(...) depósitos estendem-se por toda a região e, por vezes, assentam directamente sobre o soco antigo. Frequentemente, coroam os cimos de relevos residuais. Tais depósitos são, na maioria, tipicamente fluviais. Nalguns casos, admite-se,

corresponderem a *rañas*. A erosão destes terrenos deu lugar à formação de detritos que alimentaram terraços quaternários.”.



**Figura 1.6** – Topografia da região de Alvega e localização dos principais locais referidos no texto (curvas de nível com equidistância de 50 m).

A formação argilo-arenítica do miocénico, constituída por alternância de arenitos argilosos, às vezes margosos ou conglomeráticos, de areias finas, de argilas e de margas arenosas, por vezes, com seixos, afloram nas vertentes dos vales da região de Alvega, onde estão cobertas por arenitos e conglomerados do pliocénico superior (Gonçalves *et al.*, 1979).

Na região de Alvega o maciço hespérico aflora ao longo do rio Tejo e de alguns dos seus afluentes onde a cobertura ceno-antropozóica se encontra mais erodida (Zbyszewski *et al.*, 1981) com especial evidência no extremo Nordeste (Figura 1.6).

No que concerne às rochas intrusivas ante-hercínicas, observa-se a presença de quartzodioritos e dioritos ao longo da margem esquerda do Tejo entre os aglomerados urbanos do Pego e Concavada e, gabros blastomiloníticos (atravessados por filões aplito-pegmatíticos tectonizados) recortados por granitos calco-alcalinos hercínicos a Este do aglomerado urbano de S. Facundo (Zbyszewski *et al.*, 1981) (Figura 1.6). No extremo Nordeste e noutros pequenos afloramentos da área de estudo observam-se granitos calco-alcalinos, granulares, de duas micas além dos granitos calco-alcalinos tardi-tectónicos que afloram no extremo Sul, a Este do aglomerado urbano de S. Facundo, ambos de idade hercínica (Zbyszewski *et al.*, 1981) (Figura 1.6).

Em termos morfoestruturais, as rochas do complexo xisto-grauváquico constituem uma série muito espessa, mais ou menos homogénea, de origem marinha, depositada em bacias não muito

profundas (geossinclinais) posteriormente afectadas por metamorfismo resultante da orogenia hercínica (Zbyszewski *et al.*, 1981). No extremo Nordeste da área de estudo, o maciço eruptivo de Gavião-Belver encontra-se ligado à fase tardia da orogenia hercínica sendo os contactos discordantes, quase sempre por falhas (Zbyszewski *et al.*, 1981). As formações do complexo xisto-grauváquico bem como os granitos constituintes do substrato apresentam-se cobertos por depósitos da bacia terciária do Tejo com disposição sub-horizontal, de espessura variável aumentando gradualmente no sentido Sudoeste, que quando erodidos pelas linhas de água revelam aquele substrato (Zbyszewski *et al.*, 1981).

Em termos hidrográficos, a região de Alvega é recortada por densa rede de linhas de água, por vezes instaladas em linhas de fractura, pertencentes à bacia do Tejo e seus afluentes da margem esquerda (Gonçalves *et al.*, 1979 e Zbyszewski *et al.*, 1981) (Figura 1.2). Entre os tributários do rio Tejo destacam-se, de Oeste para Este, a ribeira de Fernão Dias, a ribeira de Coalhos, a ribeira do Fernando, a ribeira do Carregal e a ribeira da Lampreia (Figura 1.2). Os referidos cursos de água e respectivos subafluentes, sobretudo quando instalados nos xistos e granitos, desenvolvem-se em alinhamentos que definem um reticulado correspondente aos sistemas de fracturação dos maciços rochosos dominantes. Os declives acentuados, em particular no extremo Nordeste (Figura 1.5), associado ao carácter torrencial da maioria dos referidos subafluentes contribui para o intenso desenvolvimento de barrancos e valeiros nas vertentes dos vales da região de Alvega.

## 2.2 Ocupação do solo

A região de Alvega caracteriza-se pela ocorrência simultânea de elementos característicos dos traços das paisagens ribatejana e alentejana. Tal como referido anteriormente, trata-se de uma área topograficamente contrastada dominada por extensa superfície planáltica recortada por uma rede hidrográfica bastante densa pertencente à bacia do Tejo. A altitude mais frequente ronda os 150 m, subindo até aos 299 m na área mais elevada, mas pouco ultrapassando os 100 m nas depressões (Figura 1.4).

O povoamento na região de Alvega é escasso e concentrado apresentando forte relação com o grau de fertilidade dos solos. Deste modo, a maior parte da população encontra-se concentrada ao longo do vale do Tejo desenvolvendo-se os maiores aglomerados urbanos alcandorados nas alturas da margem esquerda do rio Tejo. Do mesmo modo, observa-se ainda a presença de pequenos aglomerados urbanos alcandorados sobre os vales dos principais afluentes do rio Tejo (Figura 1.7a).

As culturas permanentes constituem a principal ocupação agrícola da região de Alvega destacando-se o olival como a principal cultura embora os pomares (de macieiras, pessegueiros,

etc.) também apresentem expressão considerável. O olival apresenta uma distribuição dispersa pela generalidade do território da área de estudo, sendo, por vezes, explorado no sob coberto com culturas arvenses de sequeiro (Figura 1.7b). Os pomares dispõem-se, essencialmente, ao longo do vale do Tejo nos solos mais frescos e férteis (Figura 1.7c).

As culturas temporárias, nomeadamente as culturas arvenses de sequeiro e as culturas arvenses de regadio, apresentam expressão limitada na região de Alvega (Figura 1.7d). As primeiras distribuem-se de forma comum na área de estudo, geralmente instaladas no sob coberto de montados de sobro e olivais de baixa densidade. Os principais regadios localizam-se no perímetro de rega de Alvega e nas margens dos principais cursos de água.

Os sistemas florestais compostos por montado de sobro em regime de exploração extensivo silvo-pastoril (Figura 1.7e) e por eucaliptal (Figura 1.7f) dominam a paisagem da região de Alvega ocupando a quase totalidade da área planáltica e, a totalidade das áreas dos topos de interflúvio e das vertentes. Embora estes sistemas florestais apresentem-se distribuídos pela generalidade do território da área de estudo, existe uma predominância de montado de sobro a ocidente da ribeira do Fernando e uma predominância de eucaliptal a oriente da mesma. Refira-se a presença no extracto arbustivo das áreas de domínio do montado de sobro de espécies como *Ulex* sp. (Tojo), *Quercus cocífera* (Carrasco), *Cistus salvifolius* (Sargaço), *Erica australis* (Urze), *Lavandula stoechas* (Rosmaninho), *Phillyrea latifolia* (Adreno), *Myrtus communis* (Murta).

Os terrenos ocupados por matos e incultos apresentam uma distribuição pontual na região de Alvega.

Os principais cursos de água da região de Alvega ostentam ao longo de alguns dos seus troços galerias ripícolas de porte arbóreo e/ou arbustivo (Figura 1.7g). As espécies arbóreas mais comuns nestas galerias ripícolas são o *Fraxinus angustifolia* (Freixo), *Alnus glutinosa* (Amieiro), *Populus nigra* (Choupo) encontrando-se no extracto arbustivo entre outras o *Crataegus monogyna* (Pilriteiro), *Salix savifolia* (Salgueiro), *Securinena tinctoria* (Tamujo), *Sambucus nigra* (Sabugueiro).

A região de Alvega é servida por um conjunto de rodovias nacionais e municipais entre as quais se destacam a estrada nacional 118 (EN 118) a qual, atravessa os principais aglomerados urbanos (Pego, Concavada, Alvega e Gavião), a estrada nacional 244 (EN 244) e a estrada nacional 358 (EN 358) (Figura 1.7h).

A linha de caminho-de-ferro com desenvolvimento E-W próximo do extremo Norte da região de Alvega constitui um ramal da Linha da Beira Baixa destinado ao abastecimento de combustível à Central Termoeléctrica do Pego (Figura 1.7h).



a) - Aglomerado Urbano



b) - Olival



c) - Pomar



d) - Culturas Arvenses de Sequeiro e de Regadio



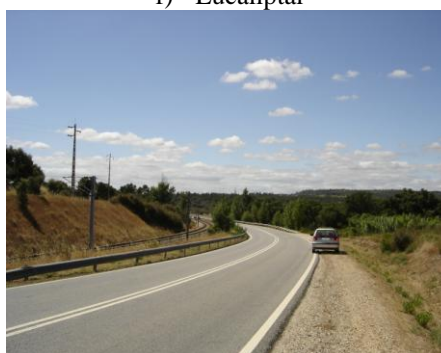
e) - Montado de Sobro



f) - Eucaliptal



g) - Galeria Ripícola



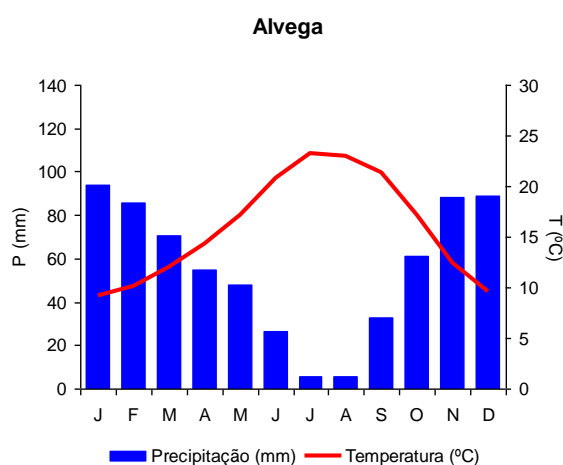
h) - Rodovia e Ferrovia

**Figura 1.7** – Ilustração fotográfica do uso do solo na região de Alvega (Fonte: Própria).

### 2.3 Características climáticas regionais

A localização geográfica, nomeadamente entre as latitudes 39° 21' 41'' N e 39° 28' 55'' N e entre as longitudes 7° 53' 46'' W e 8° 11' 16'' W acrescida da distância de 90 km ao oceano determinam o padrão de distribuição da temperatura do ar e da precipitação na região de Alvega.

Deste modo, a análise do regime anual dos referidos elementos do clima, baseada nos dados da estação meteorológica de referência (Alvega), permite afirmar que a área de estudo se encontra sob influência de clima mediterrâneo, Cs (Figura 1.8). O emprego da classificação de Köppen neste estudo fundamenta-se “(...) pela simplicidade, por a perspectiva do botânico ser apropriada à problemática da agricultura, e por ser uma classificação muito difundida e conhecida.” (Feio, 1991). Assim, o clima mediterrâneo (Cs) apresenta “(...) características originais que o tornam único entre todos os climas do mundo.” (Feio, 1991), caracterizando-se por ser “(...) um clima temperado com o Verão quente e seco, chuvas na estação fria e um Inverno moderado.” (Feio, 1991 e Cerqueira, 2001). De acordo com Köppen (*Cit. in* Feio, 1991) “(...) o mês mais seco deve ter menos de 1/3 da precipitação do mês mais chuvoso; as chuvas do mês mais seco devem ainda ser inferiores a 30 mm.” (Figura 1.8).



**Figura 1.8** – Gráfico termo-pluviométrico de Alvega para o período de 1948 a 1988  
(Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

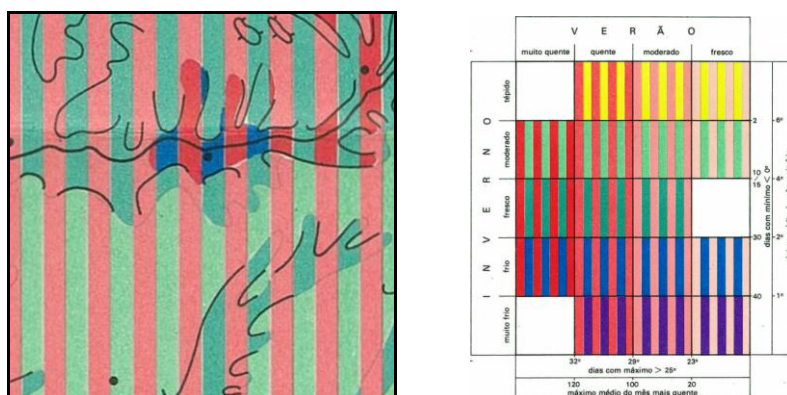
Considerando a influência do relevo acidentado nos elementos do clima, Daveau *et al.* (1985) classificaram o clima da região de Alvega como “Continental atenuado” à exceção da área do vale do Tejo onde consideraram o clima “Continental acentuado pela posição topográfica”.

Daveau *et al.* (1985) consideram que, em geral, o clima da área de estudo “(...) ainda que já francamente continental no contexto português, mantém laivos atlânticos, graças à penetração



fácil do ar marítimo e ao obstáculo constituído a Oriente pela crista de quartzito de Ródão e pela Serra de S. Mamede.” apresentando-se o Inverno moderado. A autora adverte ainda para o facto dos “(...) fundos aluviais apresentarem mínimos inverniais mais baixos que os planaltos, com nevoeiro bastante mais frequente e maior risco de geada.”. Reportando-se em particular ao vale do Tejo, Daveau *et al.* (1985) refere que “(...) tem um clima nitidamente continental, que prefigura o de outra depressão muito mais vasta, a Terra Quente Duriense: a precipitação é escassa e pouco frequente e a amplitude térmica forte, devido não só ao calor do Verão como aos mínimos acentuados do Inverno”.

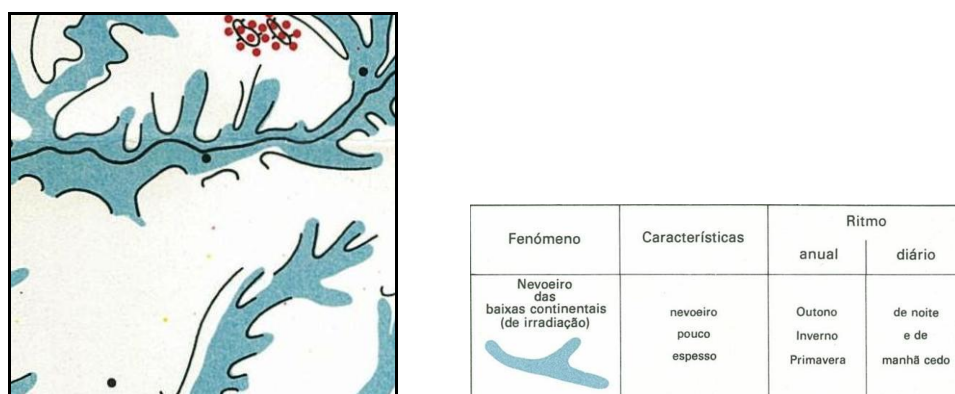
As características do clima da região de Alvega descritas anteriormente encontram-se corroboradas no mapa dos contrastes térmicos de Daveau *et al.* (1985), onde a área do vale do Tejo foi classificada como tendo um Inverno frio definido por uma temperatura média do mês mais frio inferior a 2 °C e por um número de dias com mínimo inferior a 0 °C superior a 30 e, um Verão muito quente definido por uma temperatura média do mês mais quente superior a 32 °C e por um número de dias com máximo superior a 25 °C superior a 120; a área de transição abrangendo os sectores jusante e intermédio dos vales dos principais afluentes do rio Tejo incluindo os respectivos terraços e o sector mais baixo do planalto a Noroeste classificada como tendo um Inverno fresco definido por uma temperatura média do mês mais frio inferior a 4 °C e por um número de dias com mínimo inferior a 0 °C superior a 15 e, um Verão moderado definido por uma temperatura média do mês mais quente superior a 23 °C e por um número de dias com máximo superior a 25 °C superior a 20; a área abrangendo o sector mais elevado do planalto a Sudeste e o sector montante dos principais vales afluentes do rio Tejo definida como tendo um Inverno moderado definido por uma temperatura média do mês mais frio inferior a 6 °C e por um número de dias com mínimo inferior a 0 °C superior a 2 e um Verão moderado definido por uma temperatura média do mês mais quente superior a 23 °C e por um número de dias com máximo superior a 25 °C superior a 20 (Figura 1.9).



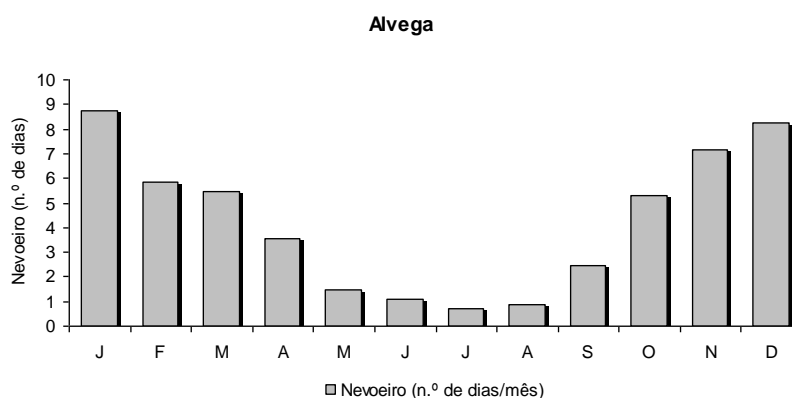
**Figura 1.9** – Contrastes térmicos na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído de Mapas Climáticos de Portugal: Nevoeiro e Nebulosidade e Contrastes Térmicos, para o período de 1931-1960, na escala 1: 1 000 000, in Daveau *et al.*, 1985).

De acordo com Daveau *et al.* (1985) o nevoeiro de irradiação das baixas continentais “(...) é um fenómeno que aparece sobretudo durante as noites límpidas e frias, de tipo anticiclónico, desde o Outono até à Primavera”. Este nevoeiro pelicular tem origem na irradiação local e na escorrência, ao longo das vertentes, do ar arrefecido e denso circunscrevendo-se às depressões onde se acumula o ar frio sendo particularmente espesso nos fundos húmidos como as planícies aluviais dos vales (Daveau *et al.*, 1985).

A particularidade dos fundos de vale apresentarem mínimos inverniais inferiores aos interflúvios adjacentes, com maior frequência de nevoeiro de irradiação e consequente maior perigo de geada na região de Alvega encontra-se corroborada pelo mapa do nevoeiro e nebulosidade de Daveau *et al.* (1985) (Figura 1.10). Este aspecto do clima encontra-se ainda sustentado por uma maior incidência de nevoeiro nos meses de Setembro a Abril (Figura 1.11) e por uma maior ocorrência de episódios de geada nos meses de Novembro a Abril (Figura 1.12), ambas documentadas nos registos da estação meteorológica de referência (Alvega).

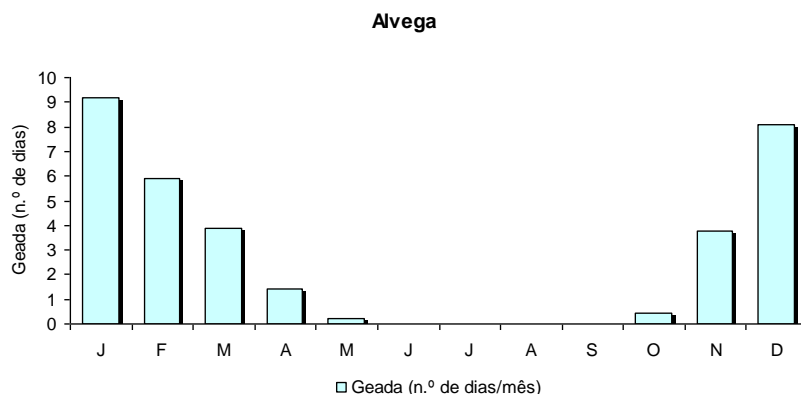


**Figura 1.10** – Nevoeiro e nebulosidade na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído de Mapas Climáticos de Portugal: Nevoeiro e Nebulosidade e Contrastes Térmicos, para o período de 1931-1960, na escala 1: 1 000 000, in Daveau *et al.*, 1985).



**Figura 1.11** – Nevoeiro (n.º de dias/mês) em Alvega no período de 1949 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

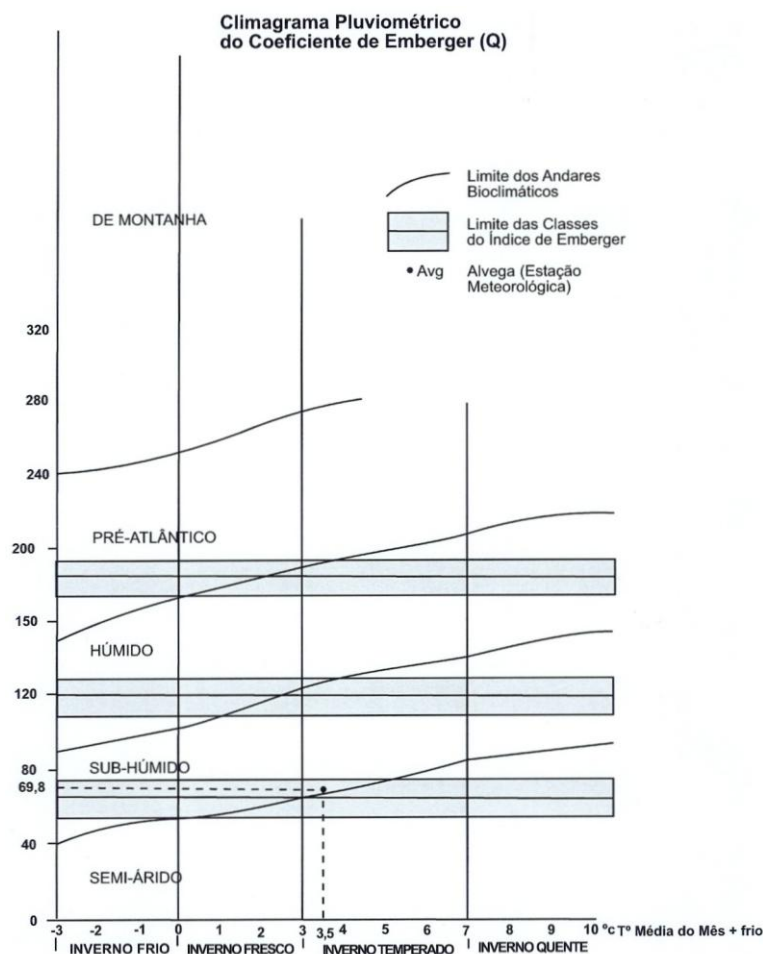




**Figura 1.12** – Geadas (n.º de dias/mês) em Alvega no período de 1949 a 1988

(Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

O recurso a índices climáticos, nomeadamente ao Índice Bioclimático de Emberger fundamenta-se por “(...) representar de maneira sintética – se possível num só número – as condições do clima, no caso presente para a agricultura” (Feio, 1991), ainda que com as devidas reservas uma vez que as relações entre o clima e as plantas são complexas e como tal, difíceis de sintetizar num número. Utilizou-se especificamente o Índice Bioclimático de Emberger (Q) uma vez que, como refere R. Raynal (*Cit. in Alcoforado et al., 1993*) este é “(...) particularmente útil nas regiões mediterrâneas relativamente húmidas, onde a higrometria atmosférica atinge valores particularmente altos, mesmo na ausência de precipitação.” embora não contemple “(...) o ritmo estacional das temperaturas e das chuvas.”, em suma como “(...) foi concebido para regiões onde o ritmo daqueles elementos climáticos é semelhante ao que ocorre em Portugal (um máximo de precipitação no inverno e um único máximo de temperatura no verão), a sua aplicação é aqui válida.” (Alcoforado *et al.*, 1993). Assim, este índice bioclimático “(...) toma em consideração não só o total anual das precipitações como uma determinada expressão do regime térmico (com base nas temperaturas mínimas e máximas médias), que indirectamente traduz o grau de continentalidade.” (Alcoforado *et al.*, 1993). O seu valor, aqui calculado para a estação meteorológica de referência (Alvega), é de 69,8. Uma vez que este índice “(...) não dá, no entanto, importância suficiente à temperatura mínima do mês mais frio, que também contribui para diferenciar várias tonalidades de clima mediterrâneo” (Alcoforado *et al.*, 1993), refere-se que a temperatura mínima média do mês mais frio na estação de referência (Alvega) é de 3.5 °C, o que permite incluir a região de Alvega, em termos de “Andares Bioclimáticos” “(...) que Emberger considera mesmo serem a “réplica biológica do clima.” (Alcoforado *et al.*, 1993) no “andar bioclimático sub-húmido” com Inverno temperado (Figura 1.13).



**Figura 1.13** – Climograma Pluviométrico do Coeficiente de Emberger (Q)  
(Adaptado de Alcoforado *et al.*, 1993).

### 2.3.1 Informação meteorológica de uma estação de referência

No âmbito da presente investigação utilizou-se como referência a informação da estação meteorológica automática do Instituto de Meteorologia (Rede Meteorológica do Instituto de Meteorologia), nomeadamente a de Alvega (Quadro 1.1 e Figura 1.14). A localização geográfica da estação meteorológica de Alvega encontra-se patente na Figura 3.1 do capítulo III do presente estudo.

Designação da Estação	Propriedade	Tipo	Coordenadas Geográficas <sup>1</sup>		Altitude <sup>2</sup> (metros)	Período de Observação
			Latitude	Longitude		
Alvega	IM	Meteorológica	39° 27' 34" N	8° 02' 33" W	51	1948-1988

<sup>(1)</sup> - Sistema de Projecção Hayford-Gauss Datum Lisboa.

<sup>(2)</sup> - Altitude (altura acima do nível do mar) do nível do solo no local de observação.

**Quadro 1.1** – Caracterização da estação meteorológica de referência  
(Rede Meteorológica do Instituto de Meteorologia – IM).

### Estação Meteorológica de Referência



Alvega  
(Vista de Este)

**Figura 1.14** – Local de instalação da estação meteorológica de referência (Rede Meteorológica do Instituto de Meteorologia – IM).

### 2.3.2 Temperatura do ar

A região de Alvega apresenta um regime da temperatura do ar simples com o máximo em Julho e o mínimo em Janeiro à excepção da temperatura máxima média que apresenta o máximo em Agosto (Figura 1.15).

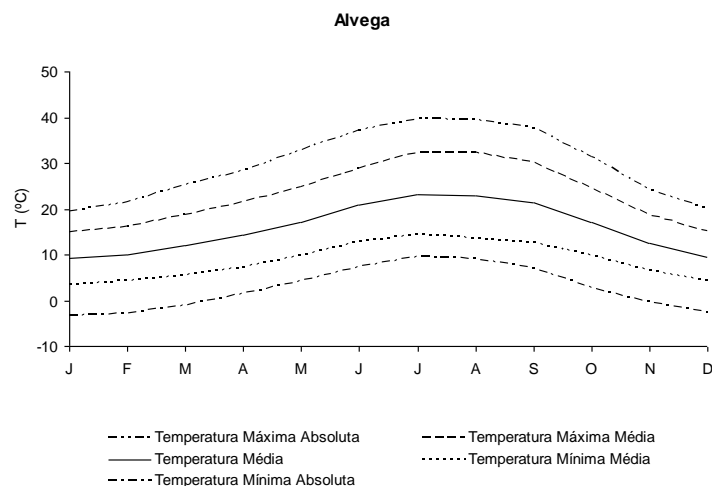
A temperatura mínima absoluta atinge o valor mínimo de  $-3.5^{\circ}\text{C}$  em Janeiro e o valor máximo de  $9.6^{\circ}\text{C}$  em Julho apresentando os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março valores inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  (Figura 1.15).

A temperatura mínima média oscila entre o valor mínimo de  $3.5^{\circ}\text{C}$  em Janeiro e o valor máximo de  $14.2^{\circ}\text{C}$  em Julho (Figura 1.15).

A temperatura média varia entre o valor mínimo de  $9.2^{\circ}\text{C}$  em Janeiro e o valor máximo de  $23.2^{\circ}\text{C}$  em Julho (Figura 1.15).

A temperatura máxima média oscila entre o valor mínimo de  $14.8^{\circ}\text{C}$  em Janeiro e o valor máximo de  $32.4^{\circ}\text{C}$  em Agosto (Figura 1.15).

A temperatura máxima absoluta atinge o valor mínimo de  $19.3^{\circ}\text{C}$  em Janeiro e o valor máximo de  $39.5^{\circ}\text{C}$  em Julho apresentando os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro valores superiores a  $35.0^{\circ}\text{C}$  (Figura 1.15).

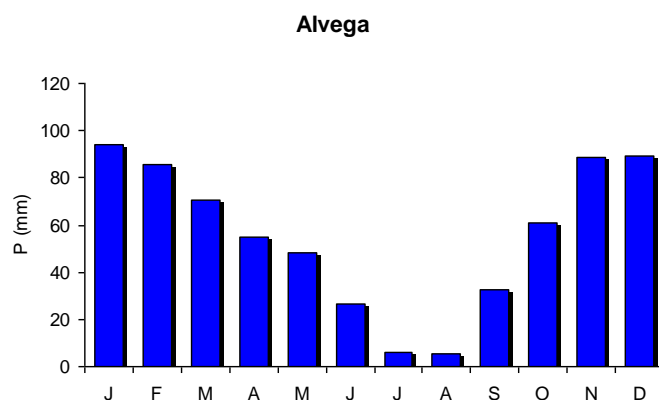


**Figura 1.15** – Regime da temperatura média, média máxima, média mínima, máxima absoluta e mínima absoluta (°C) em Alvega para o período de 1948 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

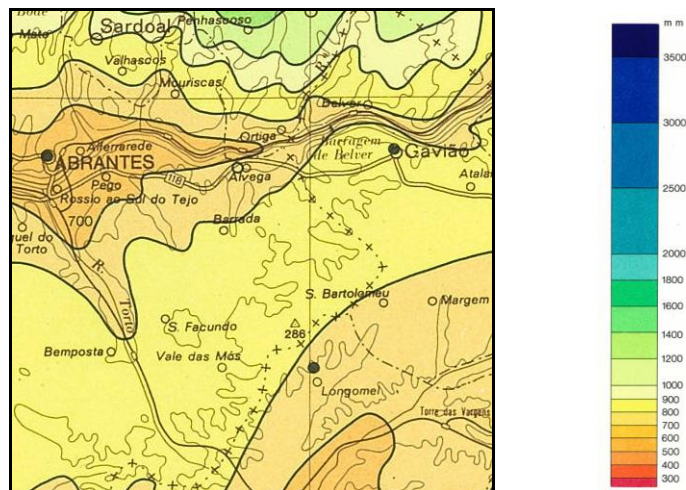
### 2.3.3 Precipitação

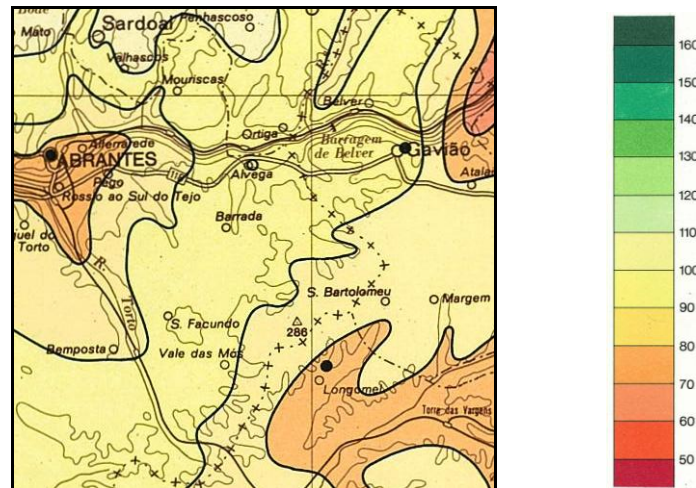
A região de Alvega apresenta um regime da precipitação mediterrâneo caracterizado pela secura estival e pela irregularidade interanual.

Os mínimos mensais ocorrem nos meses de Julho e Agosto com quantitativos, respectivamente, da ordem dos 5.9 mm e 5.5 mm (Figura 1.16). Os máximos mensais ocorrem nos meses de Dezembro e Janeiro, com quantitativos da ordem, respectivamente, dos 89.1 mm e 94.2 mm (Figura 1.16). De salientar que, ainda que os quantitativos máximos ocorram no Inverno, os meses de Outono e Primavera também apresentam quantitativos elevados (Figura 1.16).



**Figura 1.16** – Precipitação média mensal (mm) em Alvega no período de 1948 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



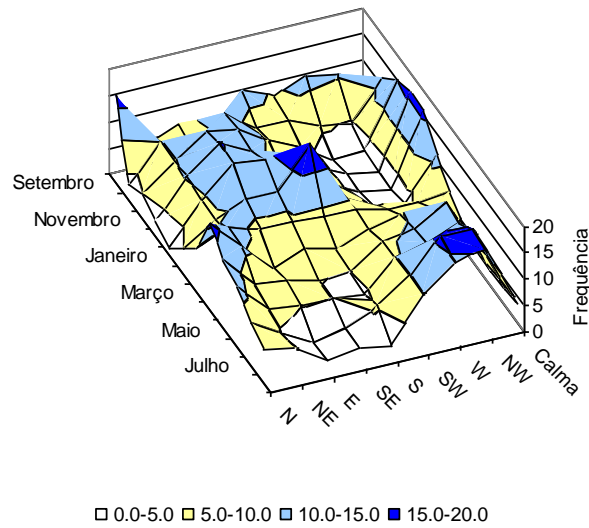


**Figura 1.18** – Número anual de dias com precipitação na região de Alvega e envolvente próxima (Extraído do Mapa da Precipitação de Portugal, para o período de 1931-1960, na escala 1: 500 000, in Daveau *et al.*, 1977).

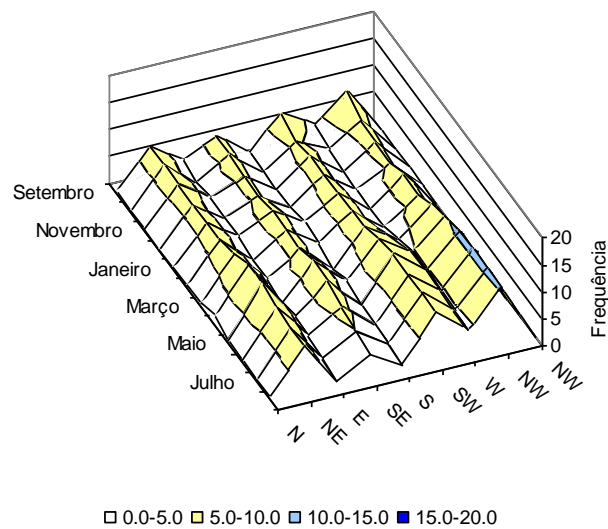
### 2.3.4 Vento

A região de Alvega apresenta um regime do vento bimodal predominando o vento de Noroeste (30.3%) e de Sudoeste (30.3%). Não obstante o referido, o rumo de Nordeste também apresenta uma frequência considerável (22.3%). O vento de Noroeste apresenta-se constante ao longo do ano embora com maior frequência nos meses de Primavera/Verão (Figura 1.19). Este vento intensifica-se nos meses de Primavera/Verão apresentando velocidades de 8.5 a 10.8 km/h) manifestando inclusive a velocidade máxima (10.8 km/h em Junho) (Figura 1.20). O vento de Sudoeste apresenta-se também constante ao longo do ano com maior frequência nos meses de Primavera/Verão (Figura 1.19). A sua velocidade intensifica-se também nos meses de Primavera/Verão com valores da ordem dos 7.4 a 9.4 km/h (Figura 1.20).

O regime do vento é ainda caracterizado por um predomínio sobretudo dos rumos de Este e Sudeste mas também de Sul e de Nordeste durante os meses de Outono/Inverno (Outubro a Março) e, por um predomínio do vento sobretudo de Noroeste, Oeste e Norte mas também de Sudoeste durante os meses de Primavera/Verão (Abril a Setembro) (Figura 1.19). Os rumos de Noroeste, Sudoeste e Nordeste apresentam velocidades do vento superiores a 5 km/h ao longo de todo o ano (Figura 1.20). O vento de Sudeste manifesta velocidades superiores a 5 km/h em quase todos os meses do ano (Figura 1.20). Nos restantes rumos, o vento apresenta velocidades inferiores a 5 km/h ao longo de todo o ano (Figura 1.20).



**Figura 1.19** – Frequência (%) do rumo do vento em Alvega no período de 1957 a 1988  
(Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



**Figura 1.20** – Velocidade (km/h) do vento em Alvega no período de 1957 a 1988  
(Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



## CAPITULO II

### *Climas de Áreas de Relevo Acidentado e Agricultura*

#### 1. Introdução

O impacto dos elementos climáticos na agricultura é considerável e bem conhecido (Hallaire e Seguí, 1984). De acordo com Sewell *et al.* (1968, *Cit. in* Holbs, 1980) o clima constitui “(...) the most important variable in agricultural production (...)” comparativamente com outras variáveis como o solo, o relevo, as pragas e as doenças (Griffiths, 1976). Assim, a produção agrícola é condicionada pela perigosidade (geada, granizo, seca, condições de proliferação de pragas) e pela potencialidade agrícola de origem climática (Landsberg, 1968 *Cit. in* Holbs, 1980). Em suma, o autor refere “Properly adapted crops are much more efficient land and energy users than forced crops.”. Avaliar o potencial agrícola de origem climática (adequação ou inadequação dos sistemas agrícolas de produção à variabilidade temporal e espacial do clima) possibilita aumentar a eficácia de qualquer acção de assistência técnica aos agricultores e constituir uma base ao ordenamento rural.

A produção vegetal é influenciada essencialmente pela radiação solar, insolação, temperatura, humidade, precipitação e vento (Griffiths, 1976 e Hallaire e Seguí, 1984) pelo que, segundo Griffiths (1976) as culturas agrícolas “(...) must find suitable patterns of these within its microclimate or fail as an economic asset.”. A distribuição dos elementos climáticos à escala local depende, essencialmente, de factores geográficos como a topografia (altitude, declive e exposição) e as características da superfície terrestre (ocupação do solo e tipo de coberto vegetal) (Alcoforado, 1993 e Geiger *et al.*, 1995), embora sob influência do clima da região onde se inserem o qual, é controlado por factores como a latitude, a continentalidade, a altitude, o relevo e a exposição às massas de ar (Mora, 2006). De facto, a radiação solar incidente recebida pelas superfícies depende da exposição das mesmas (Yoshino, 1975 e Geiger *et al.*, 1995) e as superfícies apresentam respostas muito diversificadas aos fluxos radiativos e de calor consoante o tipo de substrato (ocupação do solo e tipo de coberto vegetal) constituinte (Mora, 2006). Deste modo, as características dos climas locais ou topoclimas das áreas de relevo acidentado vão ser determinadas pelo efeito das diferentes condições morfológicas e de exposição e pelo efeito das diversas ocupações do solo e coberturas vegetais.

A identificação das principais reacções fisiológicas à acção dos elementos climáticos essenciais à agricultura controlados pelos factores geográficos locais constitui o objectivo do presente capítulo.

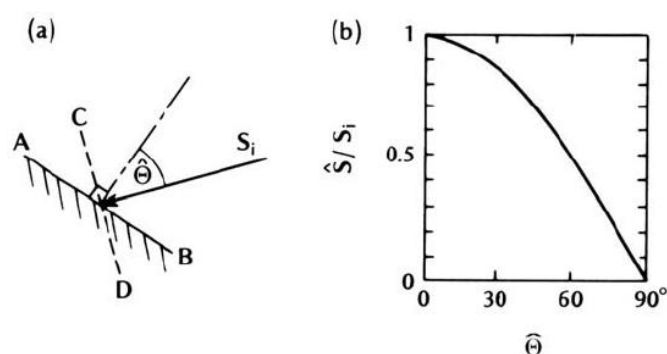


## 2. Elementos climáticos essenciais à agricultura e sua dependência de factores geográficos

### 2.1 Radiação solar e insolação

A radiação solar e a insolação são responsáveis pela energia à superfície da terra e consequentemente pela temperatura do ar e do solo. Deste modo, a radiação solar e a insolação são indispensáveis, mas não suficientes para o desenvolvimento das plantas cultivadas (Feio, 1991). A importância e a diversidade das modalidades de acção da radiação solar sobre as culturas agrícolas revelam-se através da promoção da fotossíntese e da produção de biomassa, do condicionamento da temperatura ambiente, da regulação do desenvolvimento e da potencial danificação ao passo que a insolação regula o desenvolvimento e as fases de vida das plantas cultivadas mediante a duração relativa do dia e da noite (Hallaire e Seguín, 1984 e Feio, 1991). Assim se compreende a influência primordial da radiação solar e da insolação na quantidade e qualidade das produções e consequentemente no rendimento das culturas agrícolas.

A radiação solar e a insolação variam muito à superfície da terra em função da latitude, da época do ano, da nebulosidade, do relevo incluindo a exposição e a ocultação do horizonte pelos obstáculos. À escala local, a quantidade de radiação solar recebida pelas superfícies é, essencialmente, controlada pelo relevo (declive e orientação) segundo a lei do coseno da iluminação quando o azimuth solar coincide com a orientação da vertente. A referida lei traduz a relação entre a intensidade da radiação solar recebida pelas vertentes e o ângulo de incidência entre o sol e a normal à vertente (Figura 2.1a) expressa pela equação  $\hat{S} = S_i \cos \Theta^1$  (Oke, 1996). Refira-se que esta relação não é linear, mantendo-se a intensidade do fluxo radiativo uniformemente elevada até  $\Theta$  de  $30^\circ$ , valor a partir do qual decresce abruptamente (Figura 2.1b; Oke, 1996).

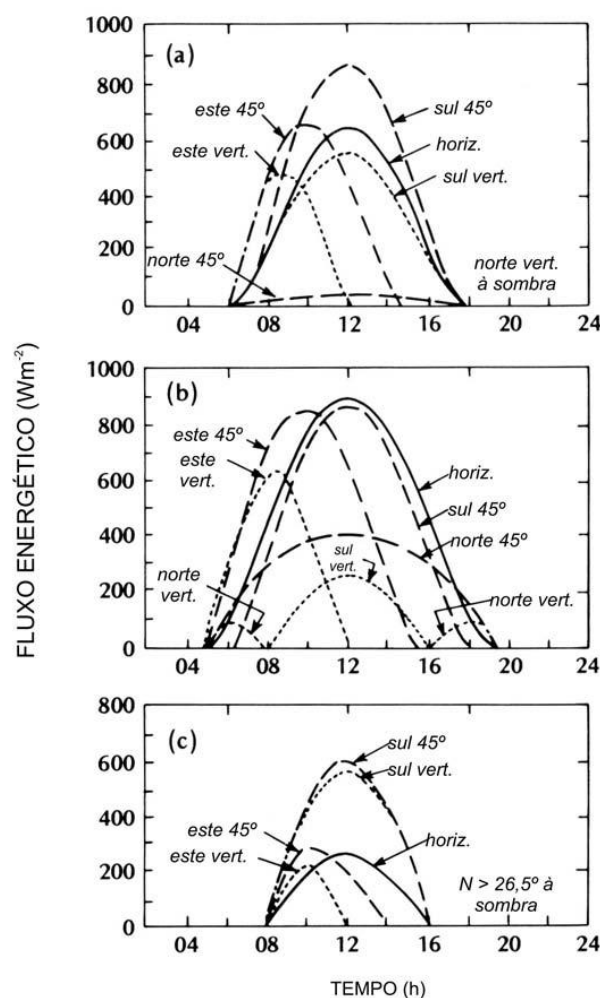


**Figura 2.1** – Lei do Coseno da Iluminação. (a) Cálculo do ângulo  $\Theta$  entre a superfície e os raios solares. (b) Variação da razão entre a intensidade do fluxo radiativo ( $\hat{S}$ ) e a radiação numa superfície perpendicular aos raios solares ( $S_i$ ), em função do ângulo  $\Theta$  (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).

<sup>1</sup>  $\hat{S}$  é a intensidade do fluxo de radiação incidente numa vertente;  $S_i$  é a intensidade do fluxo de radiação numa superfície perpendicular aos raios solares;  $\Theta$  é o ângulo entre os raios solares e a normal à superfície da vertente (Oke, 1996).

Quando o azimuth solar difere da orientação da vertente pondera-se o ângulo zenital, o declive da vertente, o ângulo do azimuth solar, o ângulo do azimuth da vertente e o ângulo de incidência entre o sol e a normal à vertente no cálculo do valor do coseno  $\Theta$  através da equação  $\cos\Theta = \cos\beta \cdot \cos Z + \sin\beta \cdot \sin Z \cdot \cos(\Omega - \Omega_s)$  (Oke, 1996).

A radiação solar incidente em vertentes com diferentes ângulos e exposições à latitude de 40° N nos solstícios e nos equinócios varia de acordo com o exposto na Figura 2.2.



**Figura 2.2** – Variação diurna da radiação solar incidente em superfícies com diferentes exposições e declives para 40° de Latitude Norte: (a) Equinócios; (b) Solstício de Verão; (c) Solstício de Inverno (Oke, 1987 extraída de Mora, 2006).

Não obstante o disposto, Geiger *et al.* (1995) refere que no hemisfério Norte “(...) a exposição mais quente não é, em geral, a do Sul, mas a de Sudoeste”. Este facto deve-se às vertentes expostas a Sudeste aquecerem mais durante a manhã, período em que as vertentes se encontram mais húmidas resultando daí uma maior perda de energia em evaporação. Ao contrário, as vertentes expostas a Sudoeste aquecem mais durante a tarde, período em que as vertentes já se encontram mais secas provindo daí uma menor perda de energia em evaporação.

O fotoperiodismo constitui uma adaptação das plantas aos ritmos diurno e estacional impostos pela radiação solar. Nas palavras de Mariano Feio (1991), o fotoperiodismo das plantas “é como um relógio interno, acertado por milhares senão milhões de anos de selecção natural, que coloca as funções vitais na melhor época média e evita que as plantas cometam erros, embora não possa evitar as anormalidades do tempo, como as geadas tardias, pois está acertado pelas médias.”. Incluída nas latitudes com interesse agrícola (0° a 60°), a latitude 40° apresenta dias com comprimentos variáveis entre 9h08m e 14h52m.

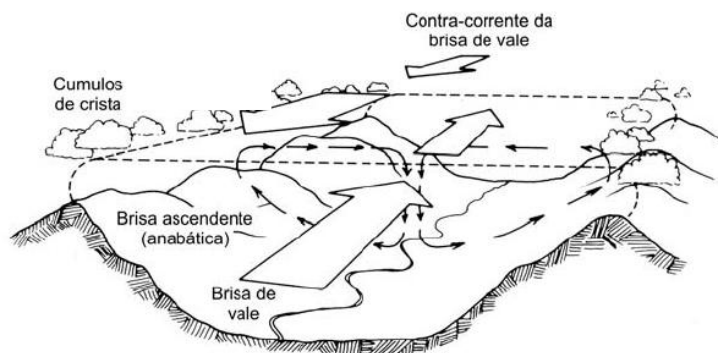
## 2.2 Temperatura e brisas térmicas

Em estreita dependência da radiação solar e da insolação, a temperatura do ar e do solo constitui um elemento vital na vida dos vegetais (Feio, 1991); em áreas topograficamente acidentadas existe uma interacção entre a temperatura e o sistema de ventos locais termicamente induzidos.

Em áreas de relevo acidentado, a variação da temperatura nos vários sectores do vale (topo, vertente, fundo do vale) é controlada pela altitude absoluta e relativa. Salienta-se na área de estudo a influência da altitude relativa, que cria contrastes térmicos acentuados, variáveis em função da situação sinóptica, do tipo de massas de ar e da estação do ano. Na presença de vento sinóptico fraco, sistemas de ventos locais desenvolvem-se ao longo dos vales das áreas de relevo acidentado (*brisas de vale* e *brisas de montanha*) em virtude do estabelecimento de gradientes horizontais de temperatura e pressão resultantes do aquecimento ou arrefecimento diferencial da superfície terrestre (Oke, 1996). Estes sistemas de ventos intensificam-se em situações anticiclónicas de Verão (Oke, 1996 e Ahrens, 2000).

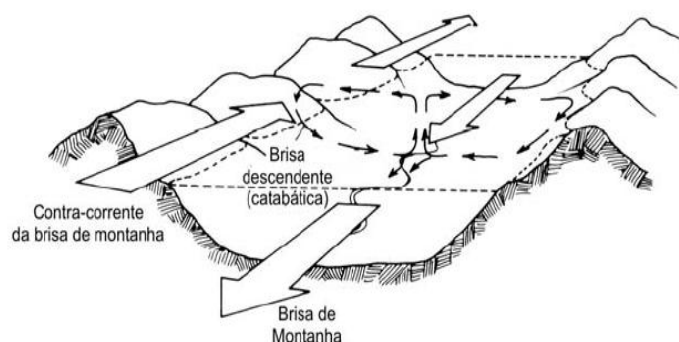
A radiação solar incide ao longo do dia nas vertentes do vale aquecendo o ar em contacto com estas. Cria-se assim um gradiente térmico e barométrico entre o ar aquecido sobre as vertentes e o ar à mesma altitude acima do vale que origina um fluxo de ar ascendente ao longo das vertentes com velocidades variáveis entre 2 e 4 m.s<sup>-1</sup> (Oke, 1996; Figura 2.3). Assim, os *ventos anabáticos* iniciam-se pela manhã atingindo a velocidade máxima ao meio-dia (Oke, 1996). Estes ventos são particularmente bem desenvolvidos nas vertentes onde a radiação solar é mais intensa. Ventos ascendentes de vertente bem desenvolvidos e com elevados teores de humidade podem formar nuvens convectivas por cima dos interflúvios do vale (Oke, 1996). Os *ventos anabáticos* assumem particular importância na distribuição da humidade e do calor pelos vários sectores do vale. A *brisa de vale*, que escoia ao longo do eixo do vale das terras mais baixas para as de maior altitude, tem origem no estabelecimento de um gradiente térmico e de pressão atmosférica resultante de um maior aquecimento da atmosfera do vale relativamente à atmosfera adjacente exterior ao vale (Oke, 1996; Figura 2.3). Em altitude, a *brisa de vale* é compensada por uma corrente de retorno (*contra-corrente da brisa de vale*) que sopra ao longo do eixo do

vale configurando uma célula fechada (Oke, 1996; Figura 2.3). Acima da *contra-corrente da brisa de vale* domina a circulação sinóptica regional (Oke, 1996).



**Figura 2.3** – Sistemas de brisas diurnas em áreas de relevo acidentado (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).

À noite, o topo dos interflúvios e as vertentes arrefecem por irradiação arrefecendo o ar em contacto com estas. O ar frio, mais denso, desliza de forma intermitente ao longo das vertentes em direcção ao fundo de vale (Nakamura, 1989 e Oke, 1996; Figura 2.4). Deste modo, os *ventos catabáticos* intensificam-se ao longo da noite atingindo o seu máximo de madrugada mais concretamente antes de nascer do sol. Os *ventos catabáticos* apresentam velocidades da ordem dos 2 a 3 m.s<sup>-1</sup> dependendo do declive da vertente e da espessura da camada de ar frio (Oke, 1996). A *brisa de montanha* resulta da combinação de todos os fluxos de *ventos catabáticos* e sopra ao longo do eixo dos vales de montanha substituindo o ar quente dos fundos de vale que é mais leve, com destino às terras baixas adjacentes (Figura 2.4). Em altitude, a *brisa de montanha* é compensada por uma *contra-corrente da brisa de montanha* (*brisa anti-montanha*) que sopra ao longo do eixo do vale configurando uma célula fechada (Oke, 1996; Figura 2.4).



**Figura 2.4** – Sistemas de brisas nocturnas em áreas de relevo acidentado (Oke, 1987, extraída de Mora, 2006).

Assim, em noites anticiclónicas, calmas e sem nebulosidade, as áreas de relevo acidentado apresentam uma divisão térmica vertical estruturada em três zonas, nomeadamente uma zona muito fria no fundo do vale, uma zona fria no topo do interflúvio e uma zona menos fria que as anteriores na vertente (Geiger *et al.*, 1995) tal como tem vindo a ser verificado também em Portugal em numerosos trabalhos de climatologia local (Alcoforado *et al.*, 1993; Lopes, 1994 a e b; Mora 1998 e 2006). Tal como Mora (2006) verificou na Serra da Estrela, a temperatura mínima não só diminui em altitude como a uma mesma altitude “(...) é mais baixa nas formas côncavas do que nas convexas (topos)” devido ao arrefecimento por irradiação e à drenagem de ar frio.

O lago de ar frio resulta da drenagem e acumulação do ar arrefecido por irradiação terrestre num local topograficamente deprimido. Deste modo, a extensão do lago de ar frio depende de factores como o declive das vertentes, a diferença de altitude entre o topo e a base das vertentes, a intensidade da inversão térmica junto ao solo (Yoshino, 1975) e a morfologia da área deprimida (Geiger *et al.*, 1995). De acordo com Yoshino (1984), a espessura do lago de ar frio pode atingir um terço da altura das vertentes, coincidindo o topo da inversão com o nível em que o fluxo apresenta a velocidade máxima a qual varia ao longo da noite e também de noite para noite, dependendo das condições meteorológicas. Segundo Yoshino (1984), apenas o ar arrefecido que é drenado ao longo das vertentes com temperatura inferior à do fundo de vale contribui para o desenvolvimento do lago de ar frio uma vez que o ar arrefecido com temperatura superior se sobrepõe ao lago contribuindo para o desenvolvimento da contra-corrente de drenagem que ascende ao longo da vertente. Porém, a topografia (forma e dimensão da área, altitude), a estação do ano e o estado do solo são apenas alguns dos factores que influenciam a interacção do referido sistema (Yoshino, 1984).

Nas vertentes, entre os topos mais arrefecidos e o lago de ar frio, desenvolve-se por vezes uma faixa com temperaturas sensivelmente mais elevadas a qual é habitualmente designada cintura térmica (Figura 2.5) e que é desde à muito utilizada pelos agricultores para culturas mais sensíveis (Oke, 1996).

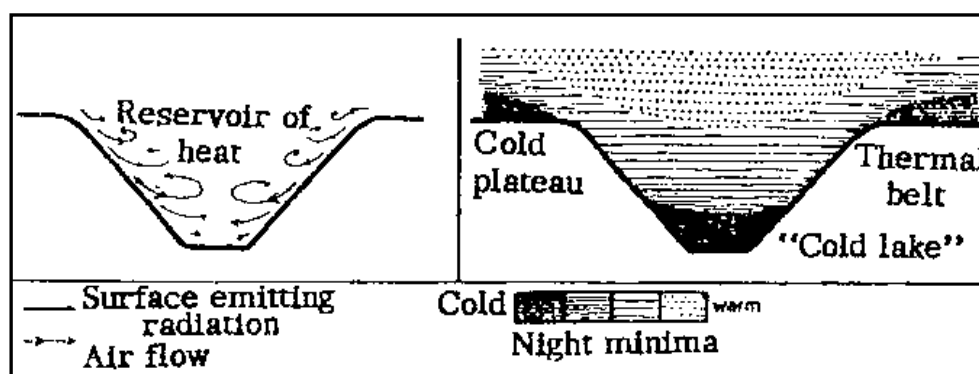


Figura 2.5 – Desenvolvimento da cintura térmica (Geiger *et al.*, 1995).

Ainda de acordo com o referido autor, as áreas de drenagem do ar frio bem como a geometria do vale influenciam de forma determinante a posição e as características da cintura térmica. A localização da cintura térmica encontra-se relacionada com a inclinação da vertente ocorrendo geralmente na área de maior declive (Yoshino, 1984). Salienta-se que a posição da cintura térmica é sazonalmente bem diferenciada, sendo mais elevada no Inverno que no Verão, eventualmente devido à maior estabilidade atmosférica do ar frio no Inverno. Refira-se ainda o desenvolvimento de uma faixa isotérmica entre a cintura térmica e o topo do lago de ar frio, a qual pode alcançar 30 a 60 m de espessura (Yoshino, 1984).

Estes contrastes térmicos altitudinais presentes no vale resultam do arrefecimento da camada do ar junto ao solo por irradiação da superfície terrestre e da drenagem do ar frio por gravidade ao longo das vertentes. Deste modo, a formação da inversão térmica no fundo do vale reflecte a formação do lago de ar frio no fundo do vale e o desenvolvimento da cintura térmica nas vertentes (Figura 2.5). No topo de interflúvio, o ar junto ao solo, arrefecido devido a forte irradiação nocturna, apresenta-se estabilizado.

A temperatura condiciona o desenvolvimento das culturas agrícolas através de acidentes fisiológicos, da velocidade de crescimento e de desenvolvimento das plantas, das pragas e doenças e de acções específicas como o frio e a indução da dormência e, o termoperiodismo (Halaire e Seguí, 1984). Deste modo, a totalidade das espécies cultivadas manifesta temperaturas características (limite superior, limite inferior e óptimo de desenvolvimento) variáveis consoante a fase de desenvolvimento (Griffiths, 1976 e Feio, 1991) e as diferentes partes da planta (Feio, 1991). O óptimo térmico para a actividade fotossintética é um intervalo menor da ordem dos 10 a 15° apresentando as temperaturas letais responsáveis pela morte das plantas pelo calor e pelo frio diferenças pouco expressivas (inferiores a 5°), relativamente às temperaturas limite da actividade fotossintética (Feio, 1991).

O calor e o frio, quando excessivos, originam a suspensão dos movimentos do protoplasma, a diminuição da actividade fotossintética e a alteração das membranas biológicas que deixam de compartimentar eficazmente as células potenciando o colapso do metabolismo (Feio, 1991). De acordo com Feio (1991) a “(...) reacção ao calor e ao frio depende das características genéticas da própria planta, mas difere também conforme a fase de desenvolvimento da planta e as partes dela que se consideram.”.

Os prejuízos resultantes do excesso de calor têm origem na afectação específica da síntese das proteínas e dos hidratos de carbono, do metabolismo das enzimas e das hormonas e da fotossíntese nas plantas (Feio, 1991). Não obstante o disposto, as plantas dispõem de mecanismos de adaptação ao calor (por exemplo, a produção de proteínas de *stress* térmico) capazes de aumentar, em escassas horas, a sua resistência (Feio, 1991).

As áreas de relevo acidentado apresentam durante o dia uma divisão térmica vertical estruturada em três zonas caracterizada pela relação inversa da temperatura máxima com a altitude (Geiger

*et al.*, 1995). O mesmo autor refere que ao “(...) passo que na atmosfera confinada do vale a subida da temperatura de manhã é muito rápida na (...) vertente (...), o gradiente na unidade de tempo nunca ultrapassa um determinado valor, porque, caso contrário, o reforço da brisa ascendente da vertente viria novamente restabelecer o equilíbrio”.

O excesso de frio provoca prejuízos específicos no protoplasma através das temperaturas baixas e no interior das células através da formação de gelo os quais, podem ser responsáveis pela morte da planta devido à danificação das biomembranas e à desorganização irreversível do processo metabólico (Feio, 1991). A sensibilidade das plantas ao frio varia em função da fase de desenvolvimento e das partes consideradas sendo maior na floração e nos rebentos e órgãos de reprodução, respectivamente. Curiosamente, algumas plantas necessitam do efeito do frio no seu desenvolvimento. Feio (1991) refere que se designa por “(...) vernalização a aquisição desta capacidade de dar flor por exposição ao frio.”, advertindo que “O efeito não se verifica se o período de frio é curto demais, se tem lugar em época imprópria ou se é interrompido por aquecimento considerável.”. A capacidade de resistência das plantas ao frio depende das suas características genéticas sendo influenciada pela fase de desenvolvimento, a parte considerada, a acidez do terreno e a humidade do ar (Feio, 1991). Refira-se a intensificação gradual do enrijamento na presença de temperaturas baixas. Destaca-se ainda a elevada resistência das plantas no período de dormência.

### **2.3 Humidade do ar**

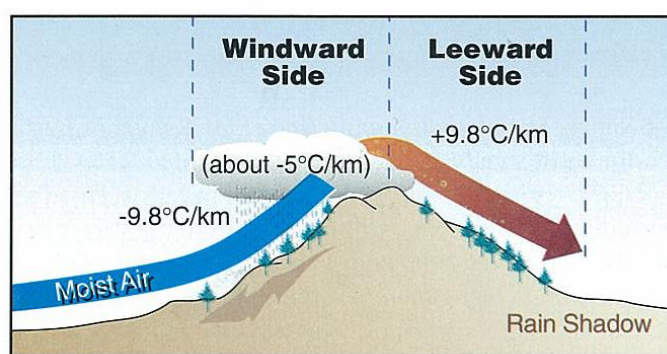
A água constitui um elemento indispensável ao desenvolvimento das plantas. Além das precipitações (chuva, neve) e dos produtos da condensação (orvalho, nevoeiro) as plantas utilizam o vapor de água contido na atmosfera como fonte de água. A humidade do ar condiciona as culturas agrícolas através influência na evaporação potencial e no desenvolvimento de doenças (Hallaire e Seguí, 1984).

As áreas de relevo acidentado poderão apresentar uma divisão higrométrica vertical em três zonas nomeadamente topo, vertente e fundo de vale (Geiger *et al.*, 1995). Durante o dia, o fundo de vale encontra-se tendencialmente mais seco e os topos de interflúvio mais húmidos fazendo as vertentes a transição (Geiger *et al.*, 1995). De noite, a situação higrométrica inverte-se no vale, encontrando-se os fundos de vale tendencialmente mais húmidos e os topos de interflúvio mais secos apresentando as vertentes valores intermédios (Geiger *et al.*, 1995).

## 2.4 Precipitação

A precipitação, nomeadamente a chuva e a neve, constitui a principal fonte de água para a agricultura. Deste modo, as precipitações condicionam a produção agrícola através da disponibilidade de realização das operações culturais, de danos mecânicos (precipitações sólidas), do estado estrutural do solo e da erosão, da lixiviação dos nitratos, da saturação do solo (asfixia radicular), da germinação dos esporos dos fungos e do efeito dos ataques de parasitas, do balanço hídrico e das condições de alimentação em água dos vegetais (Hallaire e Seguí, 1984).

A frequência e intensidade da precipitação aumentam com a altitude em resultado da condensação resultante da ascensão das massas de ar até um determinado limite acima do qual ocorre uma diminuição da precipitação devido à redução da concentração de vapor de água com a altitude. Deste modo, a distribuição da precipitação nos vários sectores do vale (topo, vertente, fundo de vale) das áreas de relevo acidentado resulta da condensação derivada da ascensão das massas de ar ao longo das vertentes (Whiteman, 2000). As precipitações poderão ser mais intensas e frequentes a meia-vertente (Geiger *et al.*, 1995 e Whiteman, 2000; Figura 2.6) em particular no troço da vertente de maior declive ou, no sector mais destacado do perfil da vertente (Yoshino, 1975). A posição na vertente onde ocorre a precipitação máxima apresenta uma variação sazonal sendo mais elevada no Verão do que no Inverno (Yoshino, 1975). Salienta-se ainda a influência da exposição das vertentes às massas de ar na distribuição da precipitação (Geiger *et al.*, 1995 e Whiteman, 2000).



**Figura 2.6** – Nuvens e precipitação resultantes da condensação derivada da ascensão das massas de ar ao longo das vertentes (Whiteman, 2000).

## 2.5 Ventos modificados pela topografia

O desenvolvimento das culturas agrícolas é também condicionado pela velocidade do vento através da acção mecânica e da influência na fotossíntese e na evaporação potencial (Hallaire e Seguí, 1984).



A topografia imprime perturbações nos fluxos de ar da circulação sinóptica regional (Oke, 1996). Assim, nas áreas de relevo acidentado os fluxos de ar da circulação sinóptica regional sofrem distorções locais definindo padrões de circulação únicos (Oke, 1996). Entre as perturbações características dos vales salienta-se a canalização de ventos pelo aumento da velocidade daí resultante com particular ênfase nas situações em que o rumo do vento coincide com a orientação de desenvolvimento dos vales.

## CAPITULO III

### *Regimes e Contrastes da Temperatura, Precipitação e Vento*

#### **1. Introdução**

A partir do enquadramento climático regional apresentado no capítulo I e, tendo subjacente a exposição teórica sobre o clima de áreas acidentadas e sua dependência dos factores geográficos revelada no capítulo II, procura-se estudar a distribuição da temperatura, precipitação e vento na região de Alvega.

O estudo inicia-se com considerações relativas à informação climática utilizada, nomeadamente sobre os dados meteorológicos existentes e monitorizados bem como sobre as estações/postos seleccionados e instalados.

A análise da temperatura do ar desenvolve-se através da comparação dos regimes das temperaturas mínimas absolutas, mínimas médias, médias, máximas médias e máximas absolutas entre as diversas estações da rede meteorológica da PEGOP, SA identificando-se de seguida os padrões e os factores que explicam a sua distribuição na região de Alvega. Para tal, utiliza-se os registos das temperaturas médias mensais e anuais das estações da rede meteorológica de PEGOP, SA referentes ao período de 1999 a 2003.

De seguida, estuda-se a influência da topografia na distribuição das temperaturas mínimas diárias em diferentes tipos de estabilidade térmica vertical na região de Alvega. Nesta análise utiliza-se os valores das temperaturas mínimas diárias registados às 8 horas (hora de maior frequência de ocorrência da temperatura mínima diária) nos vários postos termométricos instalados nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/2010 a 27/3/2010. Os postos termométricos instalados configuram dois perfis topográficos transversais aos referidos vales, tendo estes sido seleccionados como representativos do relevo da região de Alvega.

Posteriormente, a análise da precipitação é realizada através da comparação dos regimes da precipitação média mensal entre as diversas estação/postos da rede meteorológica do INAG, IP seguida da identificação do padrão de distribuição da precipitação na região de Alvega bem como dos factores que o explicam. Para tal, utiliza-se os registos das precipitações médias mensais e anuais da estação/postos da rede meteorológica do INAG, IP referentes ao período de 1981 a 2000. Este corresponde ao período de registos comuns mais recente para a estação/postos meteorológicos locais disponíveis.

Por último, estuda-se o regime do vento na região de Alvega com base nos registos mensais da velocidade e anuais do rumo do vento das diversas estações da rede meteorológica da PEGOP, SA referentes ao período de 1999 a 2003.

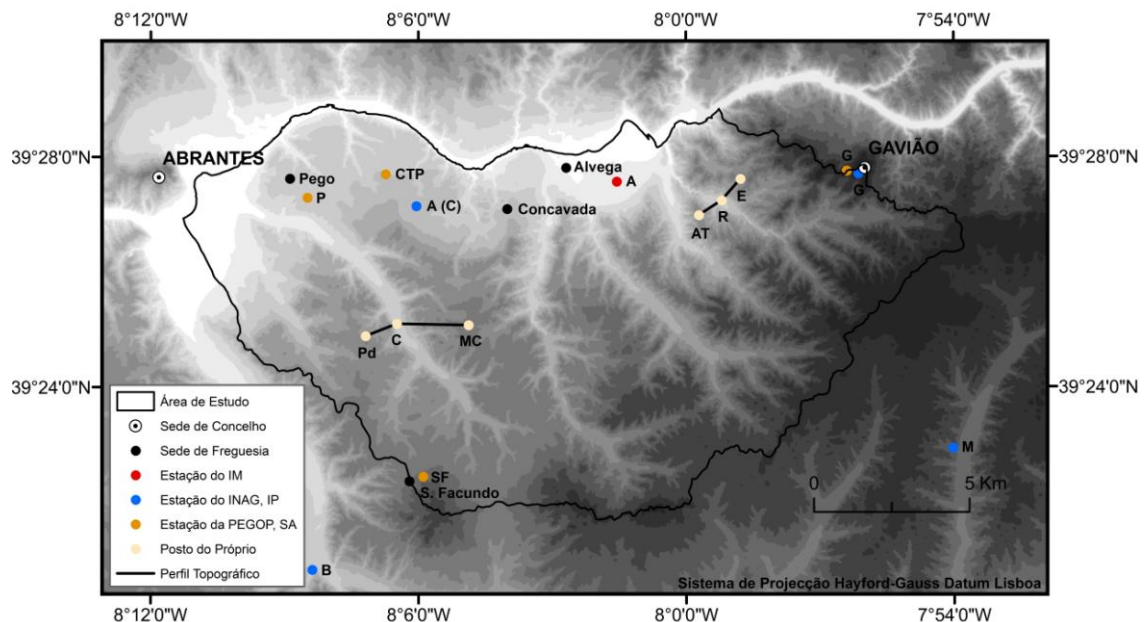
A impossibilidade de estudar outros elementos climáticos deve-se, por um lado, à indisponibilidade de registos meteorológicos e, por outro, à impossibilidade de instalar mais postos de monitorização.

## 2. Informação climática utilizada

### 2.1 Dados meteorológicos existentes

#### 2.1.1 Estação meteorológica e postos udométricos automáticos do INAG, IP

No âmbito da presente investigação utilizou-se a informação pluviométrica da estação meteorológica e postos udométricos automáticos do INAG, IP (rede meteorológica do Instituto da Água), nomeadamente a de Abrantes (Concavada), o da Bemposta, o da Margem e o de Gavião (Figura 3.1, Quadro 3.1 e Figura 3.2).



**Figura 3.1** – Localização geográfica das estações meteorológicas, postos udométricos e postos termométricos automáticos (A - Alvega, AT - Alto do Termo, B - Bemposta, C - Coalhos, A (C) - Abrantes (Concavada), CTP - Central Termoeléctrica do Pego, E - Entrudo, G - Gavião, M - Margem, MC - Montes Cimeiros, P - Pego, Pd - Pedregulho, R - Represa).

Designação da Estação/Postos	Propriedade	Tipo	Coordenadas Geográficas <sup>1</sup>		Altitude <sup>2</sup> (metros)	Período de Observação
			Latitude	Longitude		
<i>Abrantes</i> (Concavada)	INAG, IP	Meteorológica	39° 27' 09'' N	8° 06' 03'' W	105	1981-2000
<i>Bemposta</i>	INAG, IP	Udométrico	39° 20' 50'' N	8° 08' 23'' W	96	1981-2000
<i>Gavião</i>	INAG, IP	Udométrico	39° 27' 43'' N	7° 56' 09'' W	273	1981-2000
<i>Margem</i>	INAG, IP	Udométrico	39° 22' 56'' N	7° 54' 02'' W	210	1981-2000

<sup>(1)</sup> - Sistema de Projecção Hayford-Gauss Datum Lisboa.

<sup>(2)</sup> - Altitude (altura acima do nível do mar) do nível do solo no local de observação.

**Quadro 3.1** – Caracterização da estação meteorológica e postos udométricos automáticos do Instituto da Água, IP (Rede Meteorológica do INAG, IP).



**Figura 3.2** – Locais de instalação da estação meteorológica e postos udométricos automáticos do Instituto da Água (Rede Meteorológica do INAG, IP).

### 2.1.2 Estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA

No âmbito da presente investigação utilizou-se a informação termométrica das estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA (rede meteorológica da Central Termoeléctrica do Pego, SA), nomeadamente a da Central Termoeléctrica do Pego (CTP), a de Gavião, a do Pego e a de S. Facundo (Figura 3.1, Quadro 3.2 e Figura 3.3).

Designação da Estação	Propriedade	Tipo	Coordenadas Geográficas <sup>1</sup>		Altitude <sup>2</sup> (metros)	Período de Observação
			Latitude	Longitude		
CTP	PEGOP, SA	Meteorológica	39° 27' 42'' N	8° 06' 44'' W	109.763	1999-2003
Gavião	PEGOP, SA	Meteorológica	39° 27' 46'' N	7° 56' 24'' W	280	1999-2003
Pego	PEGOP, SA	Meteorológica	39° 27' 18'' N	8° 08' 29'' W	93	1999-2003
S. Facundo	PEGOP, SA	Meteorológica	39° 22' 27'' N	8° 05' 54'' W	209	1999-2003

<sup>(1)</sup> - Sistema de Projecção Hayford-Gauss Datum Lisboa.

<sup>(2)</sup> - Altitude (altura acima do nível do mar) do nível do solo no local de observação.

**Quadro 3.2** – Caracterização das estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA  
(Rede Meteorológica da Central Termoeléctrica do Pego, SA).



**Figura 3.3** – Locais de instalação das estações meteorológicas automáticas da PEGOP, SA  
(Rede Meteorológica da Central Termoeléctrica do Pego, SA).

## 2.2 Dados meteorológicos monitorizados

### 2.2.1 Postos termométricos automáticos do próprio

No âmbito da presente investigação foi instalada uma rede de aparelhos meteorológicos com o intuito de monitorizar a temperatura do ar (°C). Os postos termométricos instalados no vale da

ribeira da Represa (Alto do Termo, Represa, Entrudo) e no vale da ribeira de Coalhos (Pedregulho, Coalhos, Montes Cimeiros) configuram dois perfis topográficos transversais. A localização dos referidos postos termométricos encontra-se patente na Figura 3.1. Apresenta-se de seguida as características dos postos termométricos (Quadro 3.3) e dos locais de implantação (Figura 3.4). No intuito de facilitar a identificação da localização geográfica, os postos termométricos encontram-se designados pela toponímia do local onde foram instalados.

Designação do Posto	Propriedade	Tipo	Coordenadas Geográficas <sup>1</sup>		Altitude <sup>2</sup> (metros)	Período de Observação
			Latitude	Longitude		
<i>Alto do Termo</i>	Próprio	Termométrico	39° 26' 59" N	7° 59' 43" W	172	7/2/2010-27/3/2010
<i>Represa</i>	Próprio	Termométrico	39° 27' 15" N	7° 59' 12" W	100	7/2/2010-27/3/2010
<i>Entrudo</i>	Próprio	Termométrico	39° 27' 37" N	7° 58' 47" W	213	7/2/2010-27/3/2010
<i>Pedregulho</i>	Próprio	Termométrico	39° 24' 54" N	8° 07' 11" W	181	7/2/2010-27/3/2010
<i>Coalhos</i>	Próprio	Termométrico	39° 25' 06" N	8° 06' 29" W	99	7/2/2010-27/3/2010
<i>Montes Cimeiros</i>	Próprio	Termométrico	39° 25' 05" N	8° 04' 53" W	184	7/2/2010-27/3/2010

<sup>(1)</sup> - Sistema de Projecção Hayford-Gauss Datum Lisboa.

<sup>(2)</sup> - Altitude (altura acima do nível do mar) do nível do solo no local de observação.

### Quadro 3.3 – Características dos postos termométricos do próprio (Rede Meteorológica do Próprio).

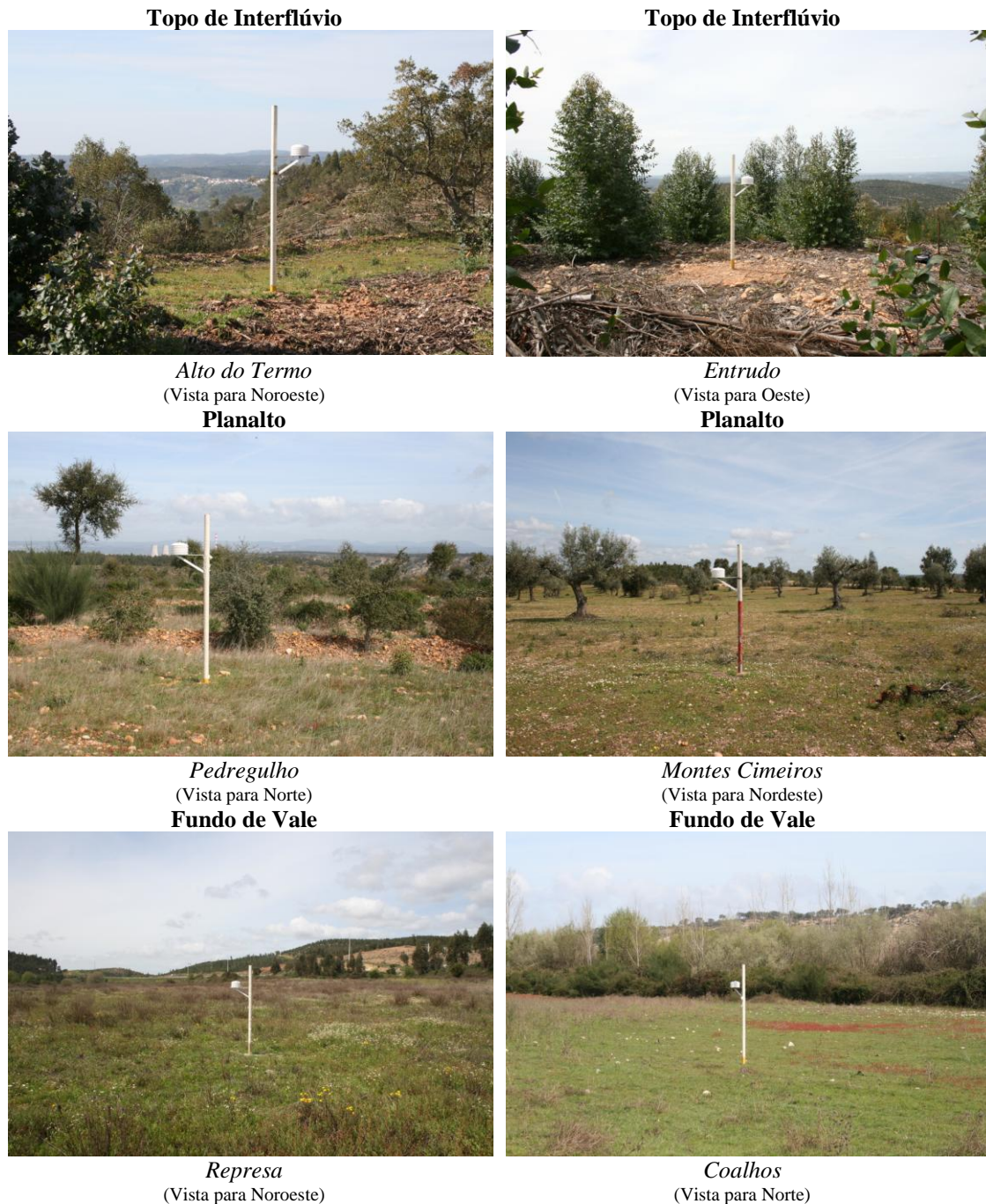
Os postos termométricos foram instalados em locais de características rurais, abertos, o mais afastado possível de árvores e/ou obstáculos, à altura típica acima do solo para instalação de sensores de temperatura do ar, nomeadamente 1,5 m (Figura 3.4). Os referidos postos estão equipados com registadores (*data loggers*) e respectivos sensores de temperatura do ar (termómetro) ambos da marca *Tinytag*. Os *data loggers* foram programados para efectuar leituras de 15 em 15 minutos, guardando-as na memória até processamento da mesma com recurso ao *software Tinytag Explorer*.

## 3. Regimes e contrastes térmicos

A análise da temperatura do ar realiza-se com base nos registos de 4 estações meteorológicas da rede da PEGOP, SA (CTP, Gavião, Pego e S. Facundo) localizadas na região de Alvega para um período de dados comuns de cinco anos (1999-2003). As características e locais de instalação das referidas estações encontram-se descritas e ilustrados no ponto 2.1.1.

O estudo da influência da região de Alvega na variação da temperatura do ar incluindo a identificação dos principais factores responsáveis por essa distribuição constitui o objectivo deste ponto. Inicia-se o estudo com uma análise comparativa do regime mensal das temperaturas mínimas absolutas, mínimas médias, médias, máximas médias e máximas absolutas do ar entre as várias estações meteorológicas da rede da PEGOP, SA localizadas em diferentes posições topográficas representativas das unidades do relevo da região de Alvega. Segue-se a análise da





**Figura 3.4** – Locais de instalação dos postos termométricos do próprio (Rede Meteorológica do Próprio).

distribuição espacial das referidas temperaturas na região de Alvega e, por último identificam-se os principais factores que condicionam essa distribuição.

Antes de iniciar a análise dos regimes e contrastes térmicos da região de Alvega calculou-se a correlação entre as temperaturas mínimas absolutas, mínimas médias, médias, máximas médias e máximas absolutas no intuito de avaliar a força ou grau de relacionamento das estações meteorológicas da rede da PEGOP, SA. Considera-se existir uma elevada correlação entre as

variáveis quando os coeficientes são superiores a 0.8 (Rhoades e Salinger, 1993, *Cit. in* Mora, 2006) ou, nos casos em que é inferior ao referido valor, a correlação é significativa para  $p < 0,05$ . As temperaturas mínimas absolutas apresentam entre si fortes correlações manifestando os coeficientes de correlação valores elevados (Quadro 3.4). Além disso, os coeficientes de correlação são superiores para as estações localizadas geograficamente mais próximas (Figura 3.1 e Quadro 3.4).

<b>Estação Meteorológica</b>	<b>CTP</b>	<b>Gavião</b>	<b>Pego</b>	<b>S. Facundo</b>
<b>CTP</b>	1			
<b>Gavião</b>	0.95609	1		
<b>Pego</b>	0.99583	0.94742	1	
<b>S. Facundo</b>	0.98169	0.97150	0.98552	1

**Quadro 3.4** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas mínimas absolutas nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para  $p < 0,05$ . Notar a maior correlação entre as estações mais próximas geograficamente.

A análise do Quadro 3.5 permite verificar uma correlação das temperaturas mínimas médias superior para as estações localizadas em similar posição topográfica, nomeadamente as estações de posição de interflúvio (planalto e topos de interflúvio) e para as estações de posição deprimida (terraços fluviais). Deste modo, as estações de planalto (S. Facundo) e de topo de interflúvio (Gavião) bem como as estações dos terraços fluviais (CTP e Pego) apresentam maior correlação entre si (Quadro 3.5).

<b>Estação Meteorológica</b>	<b>CTP</b>	<b>Gavião</b>	<b>Pego</b>	<b>S. Facundo</b>
<b>CTP</b>	1			
<b>Gavião</b>	0.99112	1		
<b>Pego</b>	0.99761	0.99180	1	
<b>S. Facundo</b>	0.98692	0.99621	0.99022	1

**Quadro 3.5** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas mínimas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para  $p < 0,05$ . Notar as maiores correlações entre as estações em posição topográfica similar.

As temperaturas médias manifestam entre si fortes correlações (Quadro 3.6). Além disso, as diferenças entre os coeficientes de correlação das estações são muito pequenas com excepção dos relativos à estação de S. Facundo (Quadro 3.6). Deste modo, não se verifica a existência de um factor preponderante de influência sobre o comportamento da temperatura média na região de Alvega. Como tal, o comportamento da temperatura média nas diversas estações deverá provavelmente ser influenciado por uma combinação (variável para cada estação) de factores tais como as características locais do terreno, a posição topográfica e a proximidade geográfica.



Estação Meteorológica	<i>CTP</i>	<i>Gavião</i>	<i>Pego</i>	<i>S. Facundo</i>
<i>CTP</i>	1			
<i>Gavião</i>	0.99949	1		
<i>Pego</i>	0.99923	0.99857	1	
<i>S. Facundo</i>	0.94981	0.95047	0.94657	1

**Quadro 3.6** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para  $p < 0,05$ .

Também as temperaturas máxima média e máxima absoluta apresentam, cada uma entre si, correlações fortes expressando os coeficientes de correlação valores elevados e com pequenas diferenças entre as diversas estações (Quadros 3.7 e 3.8). Deste modo, o comportamento das temperaturas máxima média e máxima absoluta é, provavelmente, influenciado por uma combinação (variável para cada estação) de factores tais como as características locais do terreno, a posição topográfica e a proximidade geográfica, não se identificando um factor preponderante.

Estação Meteorológica	<i>CTP</i>	<i>Gavião</i>	<i>Pego</i>	<i>S. Facundo</i>
<i>CTP</i>	1			
<i>Gavião</i>	0.99986	1		
<i>Pego</i>	0.99880	0.99920	1	
<i>S. Facundo</i>	0.99936	0.99958	0.99930	1

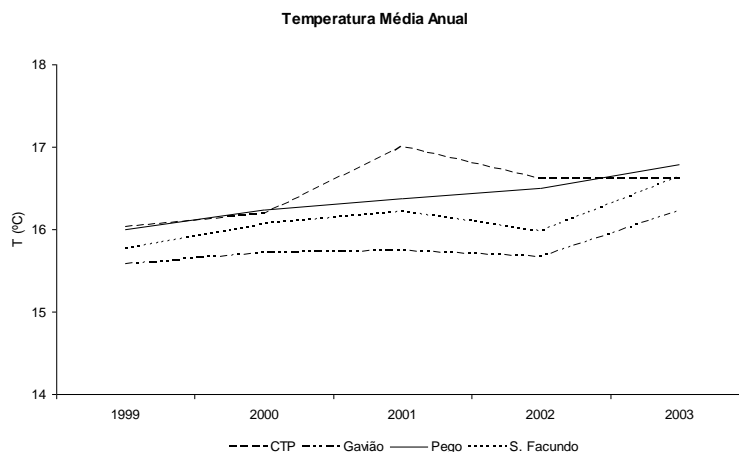
**Quadro 3.7** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas máximas médias nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para  $p < 0,05$ .

Estação Meteorológica	<i>CTP</i>	<i>Gavião</i>	<i>Pego</i>	<i>S. Facundo</i>
<i>CTP</i>	1			
<i>Gavião</i>	0.99867	1		
<i>Pego</i>	0.99572	0.99534	1	
<i>S. Facundo</i>	0.99863	0.99840	0.99285	1

**Quadro 3.8** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas máximas absolutas nas estações da região de Alvega. Todos os resultados são estatisticamente significativos para  $p < 0,05$ .

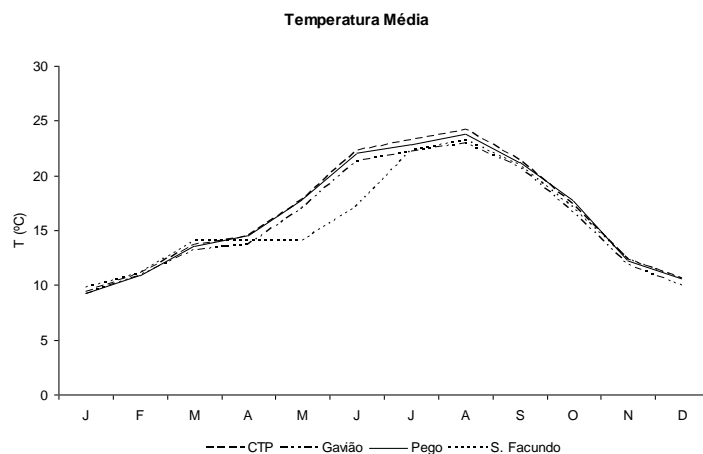
### 3.1 Regime da temperatura do ar

A região de Alvega apresenta um regime térmico simples caracterizado por um máximo estival e um mínimo invernal sendo a transição gradual (Figuras 3.6 a 3.10). A influência da altitude na variação da temperatura encontra-se ilustrada na Figura 3.5.



**Figura 3.5** – Variação da temperatura média anual na região de Alvega no período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

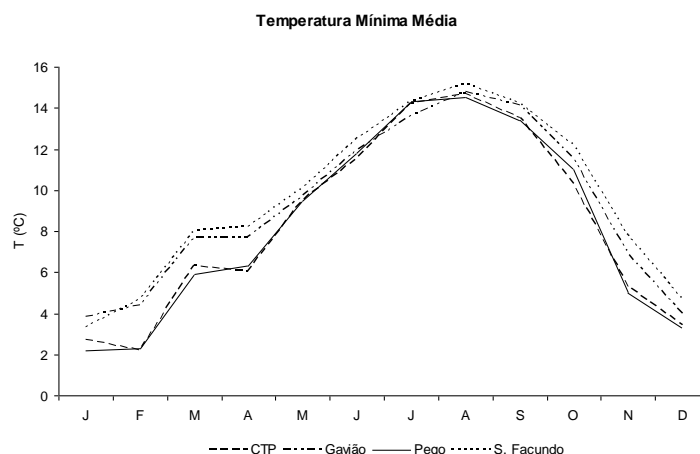
A análise da temperatura média na região de Alvega permite verificar que os meses mais quentes são Julho em que temperatura média oscila entre os 22.2 °C no Gavião e os 23.2 °C na CTP e, Agosto com a temperatura média a variar entre os 22.9 °C no Gavião e os 24.2 °C na CTP ao passo que os meses mais frios são Dezembro com a temperatura média a variar entre os 9.9 °C no Gavião e os 10.6 °C na CTP, no Pego e em S. Facundo e, Janeiro em que a temperatura média oscila entre os 9.2 °C no Gavião e os 9.7 °C em S. Facundo (Figura 3.6).



**Figura 3.6** – Regime anual da temperatura média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

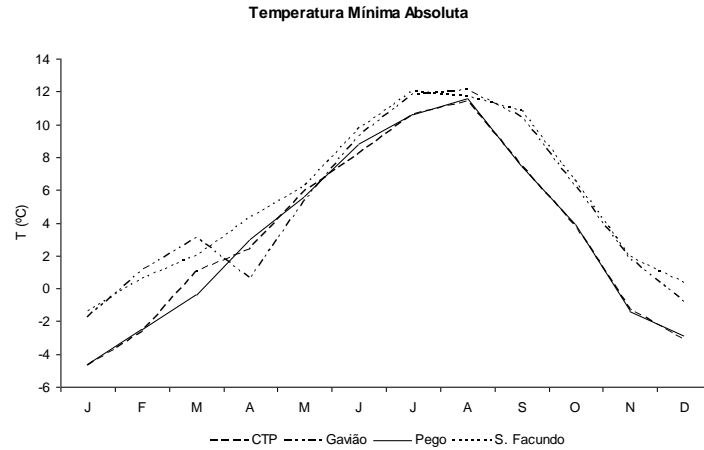
Na região de Alvega a temperatura mínima média atinge os valores mínimos em Janeiro e Fevereiro nas estações de menor altitude (Pego e CTP) localizadas em terraços fluviais (Figura 3.7). Assim, em Janeiro a temperatura mínima média é 2.2 °C no Pego, 2.7 °C na CTP, 3.3 °C em S. Facundo e 3.8 °C no Gavião e, em Fevereiro a média da temperatura é 2.2 °C na CTP, 2.3

°C no Pego, 4.4 °C no Gavião e 4.7 °C em S. Facundo (Figura 3.7). Os valores máximos da temperatura mínima média ocorrem em Julho e Agosto nas estações de maior altitude (S. Facundo e Gavião) localizadas em posições de interflúvio (Figura 3.7). Assim, em Julho os termómetros registam 13.6 °C no Gavião, 14.2 °C na CTP, 14.3 °C em S. Facundo, 14.3 °C no Pego e, em Agosto com os termómetros a assinalam 14.5 °C no Pego, 14.7 °C na CTP, 14.8 °C no Gavião e 15.2 °C em S. Facundo (Figura 3.7).



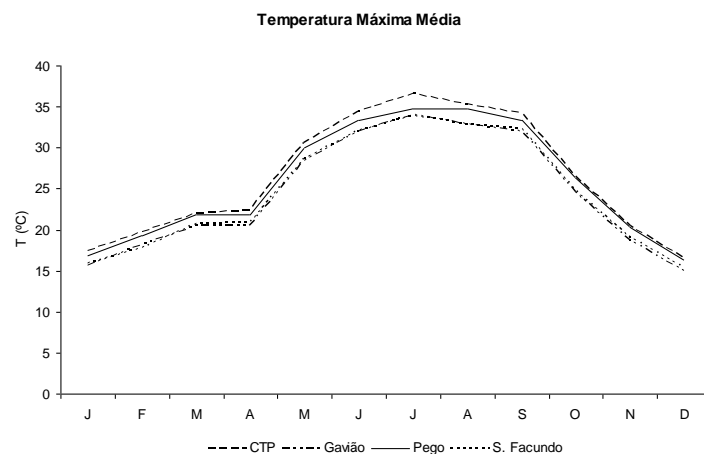
**Figura 3.7** – Regime anual da temperatura mínima média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

A temperatura mínima absoluta apresenta os valores mínimos em Dezembro e Janeiro nas estações de menor altitude (CTP e Pego) situadas em terraços fluviais (Figura 3.8). Deste modo, a temperatura mínima absoluta em Dezembro apresenta valores mínimos da ordem dos -3.1 °C na CTP, -2.9 °C no Pego, -0.8 °C no Gavião, 0.3 °C em S. Facundo e, em Janeiro manifesta valores da ordem dos -4.7 °C na CTP, -4.6 °C no Pego, -1.8 °C no Gavião, -1.4 °C em S. Facundo (Figura 3.8). A temperatura mínima absoluta é negativa no Pego de Novembro a Março, na CTP de Novembro a Fevereiro, no Gavião de Dezembro a Janeiro e em S. Facundo no mês de Janeiro (Figura 3.8). Os valores máximos da temperatura mínima absoluta ocorrem nos meses de Julho e Agosto nas estações de maior altitude (S. Facundo e Gavião) localizadas em posições de interflúvio (Figura 3.8). Assim, a temperatura mínima absoluta registava máximos em Julho com valores da ordem dos 12.0 °C em S. Facundo, 11.8 °C no Gavião, 10.6 °C na CTP, 10.6 °C no Pego e, em Agosto com valores da ordem dos 12.1 °C no Gavião, 11.7 °C em S. Facundo, 11.6 °C no Pego, 11.4 °C na CTP (Figura 3.8).



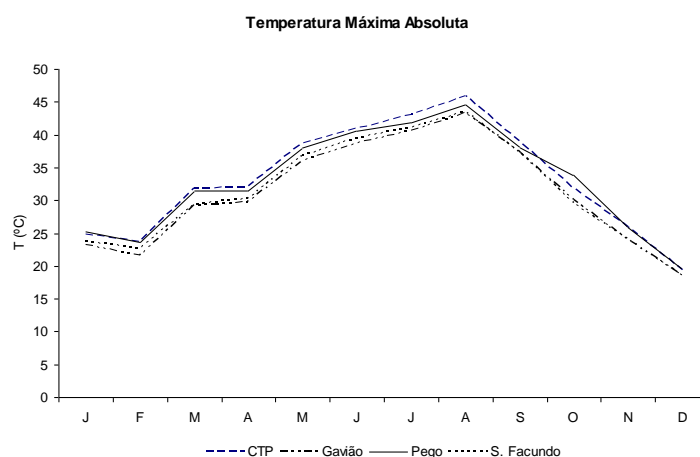
**Figura 3.8** – Regime anual da temperatura mínima absoluta na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

Na área de estudo, os valores mínimos da temperatura máxima média ocorrem em Dezembro e Janeiro nas estações de maior altitude (Gavião e S. Facundo) localizadas em posições de interflúvio (Figura 3.9). Assim, em Dezembro a temperatura máxima média é 15.0 °C no Gavião, 15,3 °C em S. Facundo, 16.3 °C no Pego, 16.5 °C na CTP e, em Janeiro a média da temperatura é 15.6 °C no Gavião, 15.8 °C em S. Facundo, 16.9 °C no Pego, 17.4 °C na CTP (Figura 3.9). Os valores máximos da temperatura máxima média ocorrem em Julho e Agosto nas estações de menor altitude (CTP e Pego) situadas em terraços fluviais (Figura 3.9). Deste modo, em Julho os termómetros registam 36.6 °C da CTP, 34.7 °C no Pego, 34.0 °C no Gavião, 33.9 °C em S. Facundo e, em Agosto os termómetros registam 35.3 °C na CTP, 34.7 °C no Pego, 33.9 °C no Gavião, 33.9 °C em S. Facundo (Figura 3.9).



**Figura 3.9** – Regime anual da temperatura máxima média na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

A temperatura máxima absoluta manifesta os valores mínimos em Dezembro e Janeiro nas estações de maior altitude (Gavião e S. Facundo) localizadas em posições de interflúvio (Figura 3.10). Assim, a temperatura mínima absoluta em Dezembro apresenta valores mínimos da ordem dos 18.5 °C no Gavião, 18.6 °C em S. Facundo, 19.3 °C na CTP, 19.5 °C no Pego e, em Janeiro manifesta valores da ordem dos 23.1 °C no Gavião, 23.6 °C em S. Facundo, 24.7 °C na CTP, 25.3 °C no Pego (Figura 3.10). Os valores máximos da temperatura máxima absoluta ocorrem nos meses de Julho e Agosto nas estações de menor altitude (CTP e Pego) localizadas em terraços fluviais (Figura 3.10). Deste modo, a temperatura máxima absoluta regista em Julho os valores máximos da ordem dos 43.0 °C na CTP, 41.9 °C no Pego, 41.1 °C em S. Facundo, 40.5 °C no Gavião e, em Agosto com valores da ordem dos 45.8 °C na CTP, 44.5 °C no Pego, 43.4 °C em S. Facundo, 43.3 °C no Gavião (Figura 3.10).



**Figura 3.10** – Regime anual da temperatura máxima absoluta na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

No que concerne ao regime provável da temperatura média do ar ao longo do ano, a região de Alvega apresenta o valor mínimo do 1º Decil, 7.5 °C, na estação da CTP (Quadro 3.9 a 3.12). Entre os meses mais frios, Janeiro é o que manifesta temperaturas mais baixas (1º Decil e 1º Quartil) na região de Alvega com os valores da temperatura média a oscilarem entre 7.5 °C e os 8.2 °C (Quadros 3.9 a 3.12). Os meses de Julho e Agosto apresentam os valores mais elevados (3º Quartil e 9º Decil) da temperatura média variando entre 25.5 °C e 26.4 °C (Quadro 3.9 a 3.12). No entanto, a amplitude nas temperaturas médias entre os 10% dos meses mais frios e os 10% dos meses mais quentes é, maior para o mês de Agosto relativamente ao mês de Julho nas estações da CTP e do Pego, igual em ambos os meses na estação de Gavião e maior para o mês de Julho face ao mês de Agosto na estação de S. Facundo (Quadro 3.9 a 3.12). Refira-se que a amplitude máxima nas temperaturas médias é da ordem dos 4.6 °C ocorrendo em Julho na estação de S. Facundo (Quadros 3.9 a 3.12). Nas estações situadas em posições deprimidas

(CTP e Pego) as temperaturas médias mensais apresentam entre si diferenças maiores na Primavera (Maio), depois no Outono (Novembro), novamente na Primavera (Junho) a que se segue o final do Verão (Setembro). Deste modo, nas estações de posições deprimidas da região de Alvega existem assim diferenças entre o 1º Decil e o 9º Decil da ordem dos 7.0 °C no mês de Maio (1º Decil oscila entre 14.7 °C e os 14.8 °C e o 9º Decil varia entre os 21.8 °C e os 21.4 °C), 5.3 °C em Novembro (1º Decil oscila entre 10.3 °C e os 10.4 °C e o 9º Decil é de 15.6 °C), 5.0 °C em Junho (1º Decil oscila entre 19.7 °C e os 19.8 °C e o 9º Decil varia entre os 24.8 °C e os 23.9 °C) e 4.0 °C em Setembro (1º Decil oscila entre 19.2 °C e os 19.4 °C e o 9º Decil varia entre os 23.4 °C e os 23.0 °C). As estações localizadas nos interflúvios (Gavião e S. Facundo) apresentam um comportamento ligeiramente diferente das estações de posições deprimidas manifestando entre si temperaturas médias mensais cuja diferença é máxima na Primavera (Maio seguido de Junho), seguida do Verão (Julho e Setembro) e do Outono (Novembro). Assim, nas estações de interflúvio da região de Alvega existem diferenças entre o 1º Decil e o 9º Decil da ordem dos 7.4 °C no mês de Maio (1º Decil oscila entre 13.8 °C e os 14.2 °C e o 9º Decil varia entre os 21.2 °C e os 21.0 °C), 5.8 °C em Junho (1º Decil oscila entre 18.4 °C e os 18.5 °C e o 9º Decil varia entre 24.2 °C e os 23.9 °C), 4.6 °C em Setembro (1º Decil oscila entre 18.3 °C e os 18.5 °C e o 9º Decil varia entre os 23.1 °C e os 22.7 °C), 4.6 °C em Julho (1º Decil oscila entre 20.1 °C e os 20.3 °C e o 9º Decil varia entre os 24.9 °C e os 24.0 °C) e 4.4 °C em Novembro (1º Decil oscila entre 10.2 °C e os 10.7 °C e o 9º Decil varia entre os 15.1 °C e os 14.5 °C).

<b>Estação Meteorológica da Central Termoeléctrica do Pego</b>					
<b>Mês</b>	<b>1º Decil</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>9º Decil</b>
<b>Janeiro</b>	7.5	8.3	9.5	10.5	10.9
<b>Fevereiro</b>	10.0	10.3	10.8	11.8	12.4
<b>Março</b>	12.0	13.1	13.8	14.6	15.1
<b>Abril</b>	12.9	13.8	14.5	15.0	15.5
<b>Maio</b>	14.8	15.4	17.9	19.5	21.8
<b>Junho</b>	19.8	21.2	22.5	23.5	24.8
<b>Julho</b>	21.6	22.5	23.2	23.9	24.6
<b>Agosto</b>	22.6	23.0	23.8	25.5	26.4
<b>Setembro</b>	19.4	19.8	21.8	22.9	23.4
<b>Outubro</b>	15.8	16.4	17.1	18.4	19.0
<b>Novembro</b>	10.4	11.1	12.0	13.0	15.6
<b>Dezembro</b>	9.5	10.1	10.6	11.0	11.3

**Quadro 3.9** – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação da CTP para o período de 1999 a 2003 (Fonte: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

Estação Meteorológica de Gavião					
Mês	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<b>Janeiro</b>	7.6	8.2	9.1	10.3	10.9
<b>Fevereiro</b>	9.7	10.6	10.8	11.2	12.1
<b>Março</b>	11.5	12.3	13.1	14.1	15.0
<b>Abril</b>	12.3	12.8	13.8	14.5	14.9
<b>Maiο</b>	13.8	14.4	17.0	18.8	21.2
<b>Junho</b>	18.5	19.6	21.8	22.8	23.9
<b>Julho</b>	20.1	21.3	22.1	23.1	24.0
<b>Agosto</b>	21.3	21.7	22.2	24.6	25.2
<b>Setembro</b>	18.3	18.9	21.2	22.1	22.7
<b>Outubro</b>	15.0	15.6	16.1	17.6	18.6
<b>Novembro</b>	10.2	10.8	11.3	12.4	14.5
<b>Dezembro</b>	8.9	9.4	9.9	10.5	10.8

**Quadro 3.10** – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação de Gavião para o período de 1999 a 2003 (Fonte: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

Estação Meteorológica do Pego					
Mês	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<b>Janeiro</b>	7.6	8.2	9.5	10.4	10.8
<b>Fevereiro</b>	9.9	10.3	10.7	11.6	12.2
<b>Março</b>	11.7	13.1	13.6	14.4	15.0
<b>Abril</b>	13.3	13.9	14.6	15.0	15.6
<b>Maiο</b>	14.7	16.1	17.9	19.9	21.4
<b>Junho</b>	19.7	20.9	22.0	23.6	24.5
<b>Julho</b>	21.2	22.1	22.5	23.6	24.2
<b>Agosto</b>	22.3	22.6	23.6	25.0	25.8
<b>Setembro</b>	19.2	19.7	21.5	22.5	23.0
<b>Outubro</b>	16.3	16.7	17.7	18.5	19.3
<b>Novembro</b>	10.3	11.0	11.9	12.7	15.6
<b>Dezembro</b>	9.6	10.1	10.6	11.2	11.4

**Quadro 3.11** – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação do Pego para o período de 1999 a 2003 (Fonte: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

<b>Estação Meteorológica de S. Facundo</b>					
<b>Mês</b>	<b>1º Decil</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>9º Decil</b>
<b>Janeiro</b>	8.1	8.7	9.7	10.8	11.1
<b>Fevereiro</b>	10.1	10.7	11.1	11.5	12.1
<b>Março</b>	12.6	13.3	13.8	15.2	15.6
<b>Abril</b>	12.7	13.2	14.0	14.7	15.3
<b>Maiο</b>	14.2	14.8	17.6	19.0	21.0
<b>Junho</b>	18.4	19.9	21.5	22.5	24.2
<b>Julho</b>	20.3	21.4	22.2	23.7	24.9
<b>Agosto</b>	21.4	21.8	22.4	24.6	25.7
<b>Setembro</b>	18.5	19.3	21.3	22.2	23.1
<b>Outubro</b>	15.6	16.0	16.5	18.0	19.0
<b>Novembro</b>	10.7	11.3	11.9	13.2	15.1
<b>Dezembro</b>	9.8	10.2	10.5	11.0	11.2

**Quadro 3.12** – Temperatura média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação de S. Facundo para o período de 1999 a 2003 (Fonte: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

### 3.2 Variação espacial da temperatura do ar

A variação espacial da temperatura do ar na região de Alvega é explicada pela posição topográfica dado tratar-se de uma área topograficamente contrastada e de reduzida dimensão onde as diferenças latitudinais, longitudinais e altitudinais não são significativas. Assim, a disposição das estações da rede meteorológica da PEGOP, SA ao longo das principais unidades de relevo permitiu utilizar os registos das temperaturas mínimas absolutas, mínimas médias, médias, máximas médias e máximas absolutas como representativos das mesmas. Deste modo, identificam-se as características térmicas do planalto com base na estação de S. Facundo, as dos topos de interflúvio com base na estação de Gavião e as dos terraços fluviais com base nas estações da CTP e do Pego. A caracterização térmica das vertentes e dos fundos de vale é realizada por interpretação a partir da análise do comportamento das temperaturas nas estações da rede meteorológica da PEGOP, SA e do conhecimento dos factores responsáveis pela variação espacial da temperatura do ar na região de Alvega.

A temperatura média apresenta valores mínimos em Janeiro nos topos de interflúvio (9.2°C) e no planalto (9.7 °C) e valores máximos em Agosto nos terraços fluviais (de 23.8 °C a 24.2 °C) na região de Alvega.

A média da temperatura mínima é mais baixa nos meses de Janeiro e de Fevereiro nos terraços fluviais (2.2 °C) sendo mais alta no mês de Agosto no planalto (15.2 °C) e topos de interflúvio



(14.8 °C). As temperaturas mínimas absolutas atingem os valores mínimos nos terraços fluviais (de -4.6 °C a -4.7 °C) em Janeiro e, os valores máximos no planalto (12.0 °C) e topos de interflúvio (12.1 °C) nos meses de Julho e Agosto.

A média da temperatura máxima apresenta os valores mais elevados nos meses de Julho e Agosto nos terraços fluviais (de 34.7 °C a 36.6°C) ocorrendo os valores mais baixos nos topos de interflúvio (15.0 °C) e no planalto (15.3 °C) no mês de Dezembro. As temperaturas máximas absolutas atingem os valores máximos nos terraços fluviais (de 44.5 °C a 45.3 °C) em Agosto e os valores mínimos em Dezembro nos topos de interflúvio (18.5 °C) e no planalto (18.6 °C).

Em suma, na região de Alvega os terraços fluviais apresentam-se mais frios no Inverno e mais quentes no Verão quando comparados com o planalto e os topos de interflúvio. Os fundos de vale deverão apresentar características térmicas semelhantes aos terraços fluviais, ainda que mais acentuadas. As vertentes apresentarão provavelmente características térmicas de transição, ou seja, mais acentuadas que as exibidas pelos interflúvios (planalto e topos de interflúvio) e menos acentuadas que as manifestadas pelas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais).

### **3.3 Factores que condicionam a variação espacial da temperatura do ar**

Dos factores que condicionam a variação da temperatura do ar na região de Alvega, a posição topográfica assume um papel preponderante nesta região caracterizada por um relevo acidentado. Assim, Dezembro e Janeiro apresentam-se como os meses mais frios variando a temperatura média entre os 9.2 °C nos interflúvios (Gavião) e os 10.6 °C nas áreas deprimidas (CTP e Pego). Nestes dois meses as temperaturas mínimas médias oscilam entre os 2.2 °C nas áreas deprimidas (Pego) e os 4.7 °C nos interflúvios (S. Facundo) e, as temperaturas máximas médias variam entre os 15.0 °C nos interflúvios (Gavião) e os 17.4 °C nas áreas deprimidas (CTP). Refira-se ainda que as temperaturas mínimas absolutas nos referidos meses atingem mínimos de -4.7 °C nas áreas deprimidas (CTP) e de -1.8 °C nos interflúvios (Gavião). Por outro lado, Julho e Agosto apresentam-se como os meses mais quentes oscilando a temperatura média entre os 22.2 °C nos interflúvios (Gavião) e os 24.2 °C nas áreas deprimidas (CTP). Os referidos meses apresentam temperaturas mínimas médias que variam entre os 13.6 °C nos topos de interflúvio (Gavião) e os 15.2 °C no planalto (S. Facundo) e, temperaturas máximas médias que oscilam entre os 32.9 °C nos interflúvios (Gavião e S. Facundo) e os 36.6 °C nas áreas deprimidas (CTP). Destaque ainda para as temperaturas máximas absolutas que alcançam nestes meses máximos da ordem dos 45.8 °C nas áreas deprimidas (CTP) e dos 43.4 °C nos interflúvios (S. Facundo).

## 4. Padrões das temperaturas mínimas do ar diárias no Inverno de 2009/2010

### 4.1 Introdução

Os padrões diários manifestados pelas temperaturas mínimas do ar resultam, no essencial, do relevo acidentado que caracteriza a região de Alvega. Como tal, a presença de uma extensa área planáltica profundamente dissecada por uma densa rede hidrográfica por vezes instalada em linhas de fractura reflecte-se num mosaico complexo de temperaturas mínimas do ar. Porém, as características deste mosaico modificam-se em função do tipo de estabilidade térmica vertical da atmosfera.

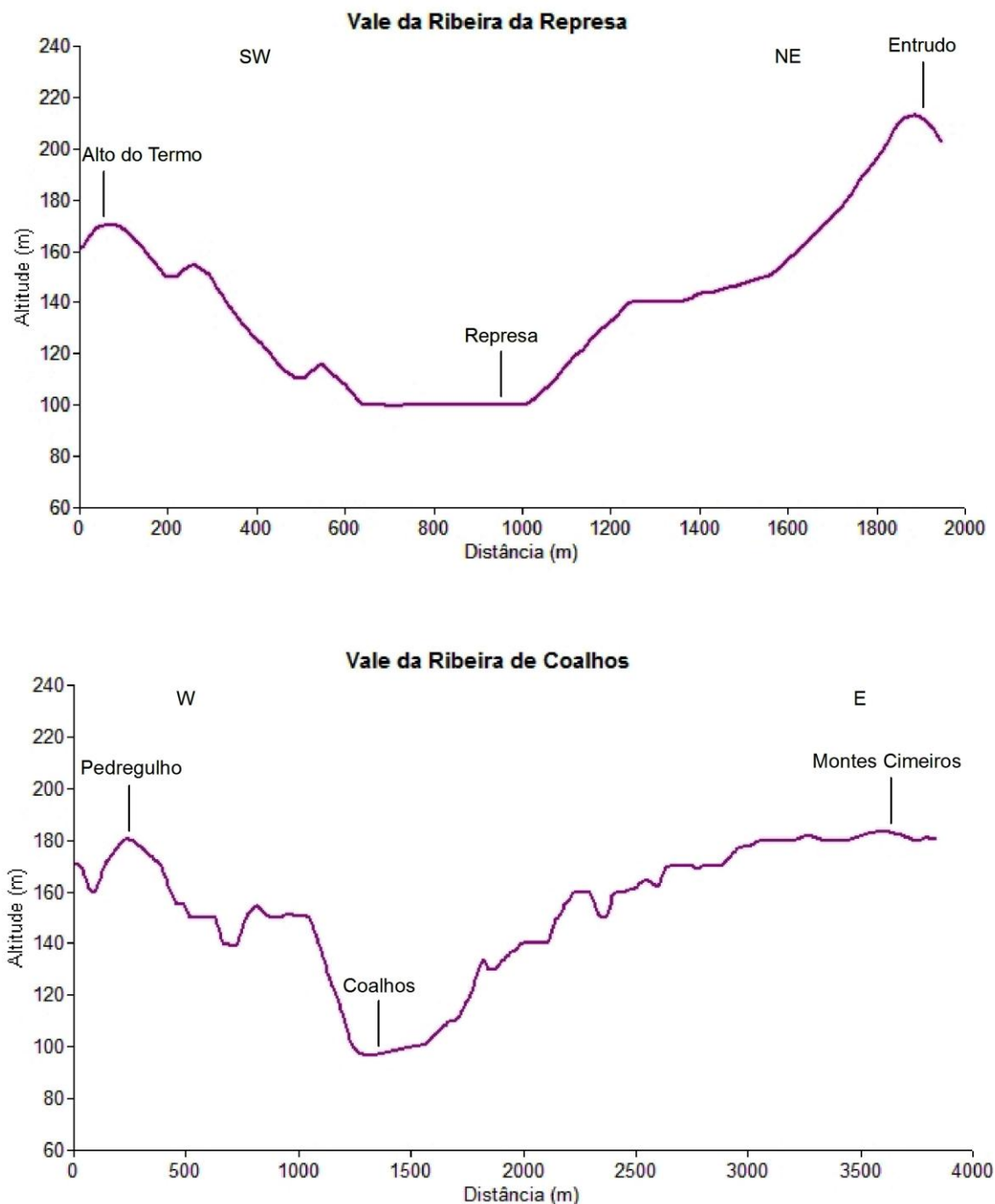
O estudo da influência da topografia nas temperaturas mínimas diárias do ar em diferentes condições atmosféricas na região de Alvega durante o Inverno de 2009/2010 segue, no essencial, a metodologia desenvolvida por Mora *et al.* (2001).

No âmbito deste estudo instalou-se uma rede meteorológica com o objectivo de demonstrar a influência da topografia e da altitude na temperatura mínima do ar. Esta rede, constituída por 6 *data loggers*, configurou dois perfis topográficos transversais aos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/10 a 27/3/10 (Figura 3.11). A escolha dos referidos vales para instalação da rede meteorológica justifica-se pela representatividade morfológica da região apresentada pelo vale da ribeira de Coalhos (vale aberto) e, pela interessante particularidade morfológica (troço de vale aberto com encaixe acentuado a montante e a jusante configurando uma bacia fechada) revelada por determinado troço do vale da ribeira da Represa. Os postos termométricos foram implantados em posições topográficas representativas das principais unidades de relevo contrastantes na região de Alvega, nomeadamente planalto (Pedregulho e Montes Cimeiros), topos de interflúvio (Alto do Termo e Entrudo) e fundos de vale (Represa e Coalhos) (Figura 3.11). As características dos registos oriundos dos *data loggers* utilizados bem como dos locais de instalação dos postos termométricos encontram-se descritas e ilustrados no ponto 2.2.1 do presente capítulo.

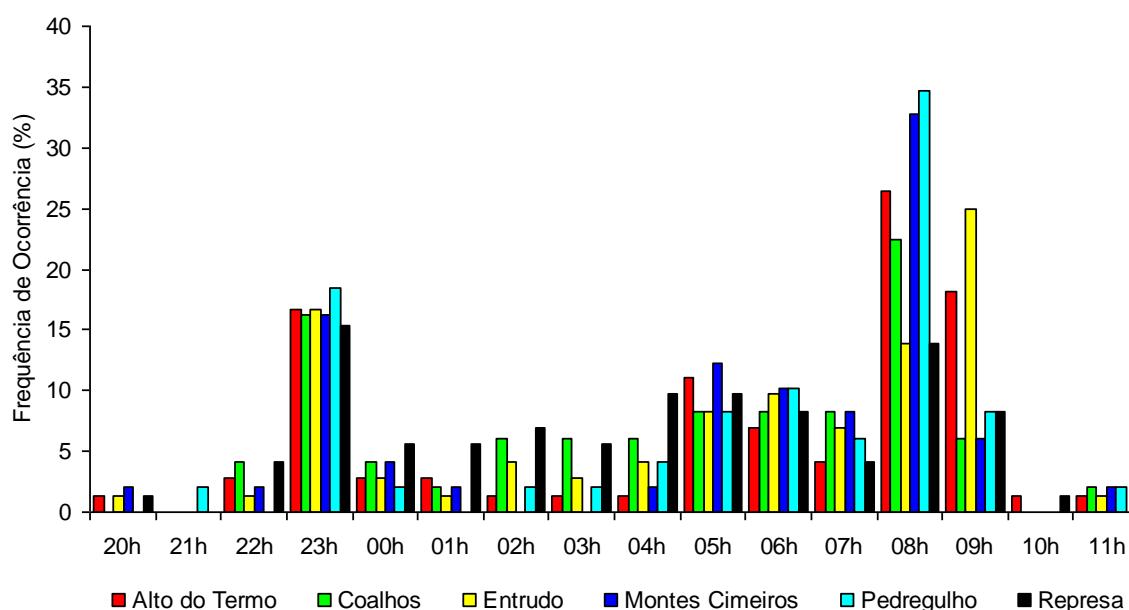
O estudo da influência das características topográficas nas temperaturas mínimas diárias do ar envolvendo a identificação dos padrões espaciais em diferentes condições atmosféricas na área de estudo constitui o objectivo primordial do presente ponto.

Tendo em consideração que a hora a que ocorre a temperatura mínima do ar varia de dia para dia procedeu-se ao cálculo da sua frequência horária nos 6 postos termométricos instalados. Deste modo, a temperatura mínima do ar nos postos termométricos instalados nos vales em estudo ocorre com maior frequência às 8h (Figura 3.12). É interessante notar que a temperatura mínima ocorre sensivelmente escassos minutos após o nascer do Sol (Figura 3.12 e Quadro 3.13), momento em que o arrefecimento é mais intenso devido à inércia do ar frio no início do aquecimento diurno promovido pelos raios solares. É de salientar que a temperatura mínima

apresenta o valor de frequência mais elevado simultaneamente às 23h, 8h e 9h no posto termométrico Entrudo do perfil topográfico do vale da ribeira da Represa. Assim, seleccionaram-se os registos da temperatura mínima do ar às 8h ainda que no posto termométrico Entrudo o maior valor de frequência seja comum às 23h, 8h e 9h.



**Figura 3.11** – Perfis topográficos transversais aos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos com a localização dos postos termométricos.



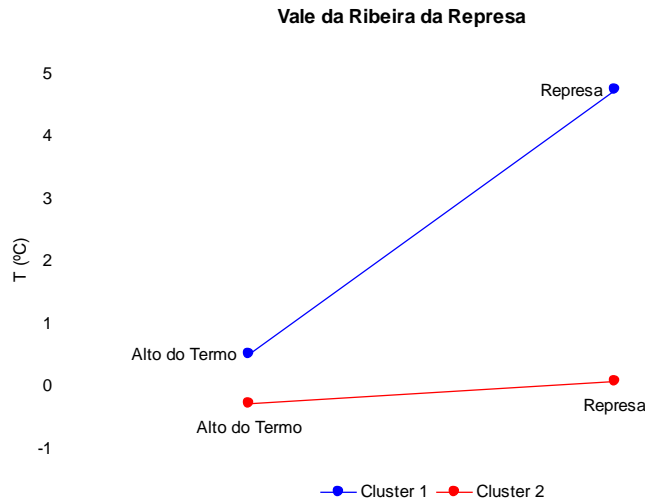
**Figura 3.12** – Hora de ocorrência da temperatura mínima diária no vale da ribeira da Represa (Alto do Termo, Represa e Entrudo) e no vale da ribeira de Coalhos (Pedregulho, Coalhos, Montes Cimeiros) no período de 7/2/2010 a 27/3/2010.

Com base nos registos seleccionados, calcularam-se as diferenças em relação a um posto de referência definido em cada um dos perfis topográficos dos vales estudados no intuito de identificar os padrões espaciais da temperatura mínima do ar, independentemente da temperatura registada. Este procedimento permite assim identificar os padrões térmicos que reflectem a influência da topografia (Hogan e Ferrick, 1997; Pepin e Losleben, 2002, *Cit. in* Mora, 2006). O critério que presidiu à escolha dos postos de referência dos perfis topográficos dos vales da ribeira da Represa (Entrudo) e da ribeira de Coalhos (Montes Cimeiros) foi a maior altitude relativa destes face aos respectivos restantes postos termométricos (Figura 3.11). Os postos termométricos Entrudo e Montes Cimeiros, situados no topo de interflúvio e no planalto respectivamente, reflectem o comportamento da posição topográfica de interflúvio, aspecto corroborado pelos elevados coeficientes de correlação entre os postos nessas posições (Figura 3.11 e Quadro 3.14).

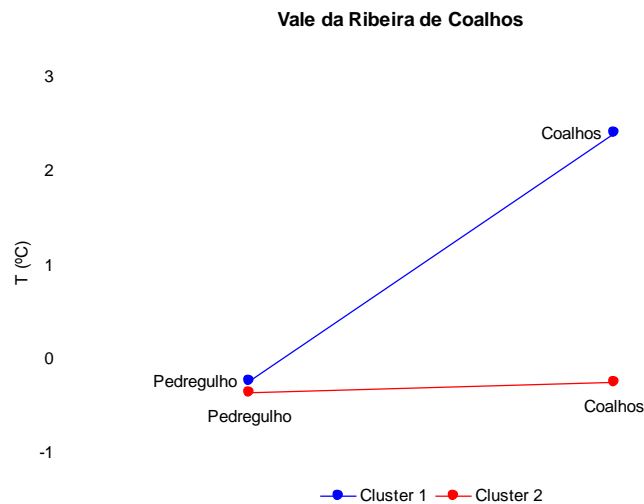
Além disso, a frequente inversão térmica registada nos fundos de vale traduz-se numa menor correlação entre os postos termométricos situados em posição de interflúvio (planalto, topo de interflúvio) e os situados em posição de fundo de vale (Quadro 3.14). Deste modo, a média da diferença dos valores da temperatura mínima do ar dos postos de fundo de vale em relação aos respectivos postos de referência apresenta-se negativa nos episódios de acumulação de ar frio e quase positiva nos episódios em que domina o gradiente térmico vertical negativo nos vales da ribeira da Represa (Figura 3.13) e no vale da ribeira de Coalhos (Figura 3.14).

Hora do Nascer do Sol							
Mês	Dia	Vale da Ribeira da Represa			Vale da Ribeira de Coalhos		
		<i>Alto do Termo</i>	<i>Represa</i>	<i>Entrudo</i>	<i>Pedregulho</i>	<i>Coalhos</i>	<i>Montes Cimeiros</i>
Fevereiro	7	7h33m	7h33m	7h33m	7h34m	7h34m	7h34m
	8	7h32m	7h32m	7h32m	7h33m	7h33m	7h33m
	9	7h31m	7h31m	7h31m	7h32m	7h32m	7h31m
	10	7h30m	7h30m	7h30m	7h31m	7h30m	7h30m
	11	7h29m	7h29m	7h29m	7h29m	7h29m	7h29m
	12	7h28m	7h28m	7h28m	7h28m	7h28m	7h28m
	13	7h27m	7h27m	7h26m	7h27m	7h27m	7h27m
	14	7h25m	7h25m	7h25m	7h26m	7h26m	7h26m
	15	7h24m	7h24m	7h24m	7h25m	7h24m	7h24m
	16	7h23m	7h23m	7h23m	7h23m	7h23m	7h23m
	17	7h22m	7h21m	7h21m	7h22m	7h22m	7h22m
	18	7h20m	7h20m	7h20m	7h21m	7h21m	7h21m
	19	7h19m	7h19m	7h19m	7h19m	7h19m	7h19m
	20	7h18m	7h18m	7h18m	7h18m	7h18m	7h18m
	21	7h16m	7h16m	7h16m	7h17m	7h17m	7h17m
	22	7h15m	7h15m	7h15m	7h15m	7h15m	7h15m
	23	7h13m	7h13m	7h13m	7h14m	7h14m	7h14m
	24	7h12m	7h12m	7h12m	7h13m	7h12m	7h12m
	25	7h11m	7h11m	7h11m	7h11m	7h11m	7h11m
	26	7h09m	7h09m	7h09m	7h10m	7h10m	7h09m
	27	7h08m	7h08m	7h08m	7h08m	7h08m	7h08m
	28	7h06m	7h06m	7h06m	7h07m	7h07m	7h07m
Março	1	7h05m	7h05m	7h05m	7h05m	7h05m	7h05m
	2	7h03m	7h03m	7h03m	7h04m	7h04m	7h04m
	3	7h02m	7h02m	7h02m	7h02m	7h02m	7h02m
	4	7h00m	7h00m	7h00m	7h01m	7h01m	7h01m
	5	6h59m	6h59m	6h59m	6h59m	6h59m	6h59m
	6	6h57m	6h57m	6h57m	6h58m	6h58m	6h58m
	7	6h56m	6h56m	6h56m	6h56m	6h56m	6h56m
	8	6h54m	6h54m	6h54m	6h55m	6h55m	6h54m
	9	6h53m	6h53m	6h53m	6h53m	6h53m	6h53m
	10	6h51m	6h51m	6h51m	6h52m	6h51m	6h51m
	11	6h49m	6h49m	6h49m	6h50m	6h50m	6h50m
	12	6h48m	6h48m	6h48m	6h48m	6h48m	6h48m
	13	6h46m	6h46m	6h46m	6h47m	6h47m	6h47m
	14	6h45m	6h45m	6h45m	6h45m	6h45m	6h45m
	15	6h43m	6h43m	6h43m	6h44m	6h44m	6h43m
	16	6h42m	6h41m	6h41m	6h42m	6h42m	6h42m
	17	6h40m	6h40m	6h40m	6h40m	6h40m	6h40m
	18	6h38m	6h38m	6h38m	6h38m	6h39m	6h39m
	19	6h37m	6h37m	6h37m	6h37m	6h37m	6h37m
	20	6h35m	6h35m	6h35m	6h36m	6h36m	6h35m
	21	6h34m	6h33m	6h33m	6h34m	6h34m	6h34m
	22	6h32m	6h32m	6h32m	6h32m	6h32m	6h32m
	23	6h30m	6h30m	6h30m	6h31m	6h31m	6h31m
	24	6h29m	6h29m	6h29m	6h29m	6h29m	6h29m
	25	6h27m	6h27m	6h27m	6h28m	6h28m	6h27m
	26	6h26m	6h25m	6h25m	6h26m	6h26m	6h26m
	27	6h24m	6h24m	6h24m	6h24m	6h24m	6h24m

**Quadro 3.13** – Hora do nascer do Sol nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/2010 a 27/3/2010 (Fonte: <http://www.zenite.nu>).



**Figura 3.13** – Média da diferença da temperatura dos postos termométricos, em relação ao Entrudo (posto de referência) para os *clusters* 1 e 2. No *cluster* 1 as diferenças são negativas para locais de fundos de vale e no *cluster* 2 são quase positivas.



**Figura 3.14** – Média da diferença da temperatura dos postos termométricos, em relação aos Montes Cimeiros (posto de referência) para os *clusters* 1 e 2. No *cluster* 1 as diferenças são negativas para locais de fundos de vale e no *cluster* 2 são quase positivas.

Posto Termométrico	<i>Alto do Termo</i>	<b><i>Represa</i></b>	<i>Entrudo</i>	<i>Pedregulho</i>	<b><i>Coalhos</i></b>	<i>Montes Cimeiros</i>
<i>Alto do Termo</i>	1					
<b><i>Represa</i></b>	0.95	1				
<i>Entrudo</i>	0.98	0.92	1			
<i>Pedregulho</i>	0.98	0.94	0.98	1		
<b><i>Coalhos</i></b>	0.96	0.98	0.92	0.96	1	
<i>Montes Cimeiros</i>	0.99	0.94	0.98	0.99	0.95	1

**Quadro 3.14** – Coeficientes de correlação (R) para as temperaturas às 8h nos vários locais estudados (todas os resultados são estatisticamente significativos, para  $p < 0,05$ ). Notar o maior significado das correlações entre os postos termométricos com a mesma posição topográfica. Os postos termométricos situados em posição de fundo de vale estão a negrito.

O processo de análise estatística foi concretizado em duas etapas. Na primeira construíram-se duas tabelas de síntese, uma para cada perfil topográfico, com as diferenças de temperatura calculadas em relação aos postos de referência. As tabelas de síntese correspondentes aos perfis topográficos dos vales das ribeiras da Represa e de Coalhos são compostas por 2 variáveis e 49 indivíduos (dias) cada. Na segunda etapa, classificaram-se os dados dos dias estudados em cada um dos vales segundo o método analítico dos *k-means* com vista à identificação de padrões térmicos (Hartigan, 1975, *Cit. in* Mora, 2006). Esta técnica de taxonomia numérica (análise de *clusters*) baseia-se no cálculo do afastamento entre classes de indivíduos (dias) através da distância euclidiana simples entre os centróides de classes (vectores médios). O *software* utilizado no tratamento estatístico dos dados foi o *Statistica* 6.0. Desta forma, avaliaram-se as relações de proximidade entre os indivíduos (dias) para cada um dos vales em estudo com base numa análise matricial por linhas (algoritmo dos *k-means*). Para tal, foram definidas *à priori* as 2 classes (*k*-classes) pretendidas agregando-se os indivíduos (dias) de modo a maximizar as diferenças entre estas. Foram assim identificados 2 clusters. O *cluster 1* correspondente aos dias em que se registaram temperaturas mais baixas nos fundos de vale (episódios de drenagem e acumulação de ar frio) e, o *cluster 2* correlativo dos dias em que se verificaram temperaturas mais baixas nos interflúvios (episódios controlados pelo gradiente térmico vertical negativo).

#### 4.2 Classificação das temperaturas mínimas

De acordo com Mora (2006) “(...) os aspectos locais do clima são mitigados pelos valores médios que reflectem as condições climáticas regionais”. Na região de Alvega, este aspecto é corroborado pela proximidade de valores das temperaturas médias às 8h nos 2 *clusters* identificados para os vales estudados (Quadro 3.15).

No que concerne às temperaturas máximas absolutas, verifica-se uma grande proximidade nos valores registados pelos postos termométricos das posições de interflúvio (topos de interflúvio, planalto) e pelos postos termométricos das posições de fundo de vale. Esta situação sucede em ambos os vales alvo de estudo, registando as diferenças entre os interflúvios e os fundos de vale, valores da ordem dos 1.1 °C (de 14.2 °C a 15.3 °C, Quadro 3.15) no vale da ribeira da Represa e, valores da ordem dos 0.9 °C (de 14.7 °C a 15.6 °C, Quadro 3.15) no vale da ribeira de Coalhos. Pelo contrário, as temperaturas mínimas absolutas manifestam diferenças substanciais entre os valores registados nos postos termométricos das posições de interflúvio (topos de interflúvio, planalto) e os valores registados nos postos termométricos das posições de fundo de vale. Estas diferenças atingem valores da ordem dos 4.4 °C (de -0.4 °C a -4.8 °C, Quadro 3.15) no vale da ribeira da Represa e, valores da ordem dos 3 °C (de -0.5 °C a -3.5 °C, Quadro 3.15) no vale da ribeira de Coalhos.

A temperatura mínima média às 8h registou valores superiores em cerca de 4 °C nos topos de interflúvios relativamente ao valor observado no fundo de vale da ribeira da Represa em 29% dos dias estudados. No vale da ribeira de Coalhos, a temperatura mínima média às 8h registou valores superiores em cerca de 2 °C no planalto face ao valor observado no fundo de vale da ribeira de Coalhos em 39% dos dias do período estudado.

Refira-se também a maior frequência de manhãs frescas (temperatura mínima às 8h inferior a 5 °C) e de manhãs frias (temperatura mínima às 8h inferior a 0 °C) nos fundos de vales relativamente aos interflúvios (Quadro 3.15). Assim, no vale da ribeira da Represa registaram-se 21 situações de manhãs frescas no fundo de vale (Represa) e 14 nos topos de interflúvio (Alto do Termo e Entrudo) e, 8 situações de manhãs frias no fundo de vale (Represa) e 2 nos topos de interflúvio (Alto do Termo e Entrudo). No vale da ribeira de Coalhos observaram-se 19 situações de manhãs frescas no fundo de vale (Coalhos) e 13 no planalto (Pedregulho e Montes Cimeiros) e 5 situações de manhãs frias no fundo de vale (Coalhos) e 1 a 2 no planalto (Pedregulho e Montes Cimeiros, respectivamente). Deste modo, verifica-se também que a frequência de manhãs frescas e frias é maior no vale da ribeira da Represa quando comparado com o vale da ribeira de Coalhos (Quadro 3.15). A inexistência de manhãs muito frias (temperatura mínima às 8h inferior a -5 °C) nos vales em estudo é também um aspecto com interesse em assinalar (Quadro 3.15).

O facto do vale da ribeira da Represa apresentar contrastes térmicos mais acentuados entre fundo de vale e os interflúvios além de uma maior frequência de manhãs frescas e frias no fundo de vale quando comparado com os registos do vale da ribeira de Coalhos deve-se provavelmente à morfologia fechada que caracteriza este vale e que impossibilita a drenagem do ar frio aí acumulado funcionando este como bacia de retenção.

A partir da classificação das temperaturas mínimas do ar às 8h segundo o método dos *k-means* calcularam-se as diferenças térmicas médias entre os valores registados nos postos de referência e os restantes postos para cada um dos perfis topográficos ilustrados nas Figuras 3.15 e 3.16. A análise destas figuras permite identificar comportamentos distintos para os *clusters* 1 e 2. Deste modo, os dias agrupados no *cluster* 1 apresentam temperaturas médias inferiores às apresentadas pelos dias constituintes do *cluster* 2. No vale da ribeira da Represa a diferença entre as temperaturas médias apresentadas pelo *cluster* 1 face ao *cluster* 2 é mais pronunciada do que no vale da ribeira de Coalhos.

Os episódios de drenagem e acumulação de ar frio nos fundos de vale (*cluster* 1) com as temperaturas médias mais baixas a registarem-se nos fundos de vale representam 28.6% dos dias no vale da ribeira da Represa e 38.8% dos dias no vale da ribeira de Coalhos. O *cluster* 2 correspondente aos episódios em que a variação da temperatura é controlada pela altitude e não pela posição topográfica representa 71.4% dos dias no vale da ribeira da Represa e 61.2% dos dias no vale da ribeira de Coalhos.



Os dias agrupados no *cluster* 1 reflectem um contraste térmico entre o fundo de vale e os interflúvios adjacentes superior no vale da ribeira da Represa relativamente ao vale da ribeira de Coalhos devido provavelmente à morfologia fechada do primeiro. Esta diferença de intensidade do contraste térmico registada nos vales estudados nos dias incluídos no *cluster* 1 encontra-se ilustrada na Figura 3.15 onde se observam temperaturas de 0.3 °C (Represa) no fundo de vale e temperaturas de 4.5 °C (Alto do Termo) e 5.0 °C (Entrudo) nos interflúvios adjacentes e, na Figura 3.16 onde se observam temperaturas de 3.2 °C (Coalhos) no fundo de vale e temperaturas de 5.8 °C (Pedregulho) e 5.6 °C (Montes Cimeiros) nos interflúvios adjacentes. As referidas diferenças térmicas entre os fundos de vale e os interflúvios adjacentes atingem assim valores da ordem dos 4.7 °C no vale da ribeira da Represa e dos 2.6 °C no vale da ribeira de Coalhos (Figuras 3.15 e 3.16).

No *cluster* 1 acresce ainda notar a maior frequência de dias com temperaturas às 8h inferiores a 5 °C e inferiores a 0 °C nos postos de fundo de vale (Represa e Coalhos) relativamente aos postos dos interflúvios adjacentes (Alto do Termo, Entrudo e Pedregulho, Montes Cimeiros).

De acordo com o Quadro 3.15 registaram-se 13 (Coalhos) a 14 (Represa) dias com temperaturas inferiores a 5 °C dos quais 4 (Coalhos) a 7 (Represa) apresentaram inclusive temperaturas inferiores a 0 °C ao passo que foram registados 7 (Alto do Termo, Entrudo e Pedregulho) a 8 (Montes Cimeiros) dias com temperaturas inferiores a 5 °C nos interflúvios adjacentes, dos quais, 1 (Pedregulho, Montes Cimeiros e Entrudo) a 2 (Alto do Termo) dias apresentaram inclusivamente temperaturas inferiores a 0 °C. Tal como refere Mora (2006) este “(...) aspecto está relacionado com o facto das condições de estabilidade no Inverno estarem associadas a episódios mais frios, principalmente no que diz respeito às temperaturas mínimas (Ferreira e Ferreira, 1983; Ramos, 1987 e Ventura, 1988)”.

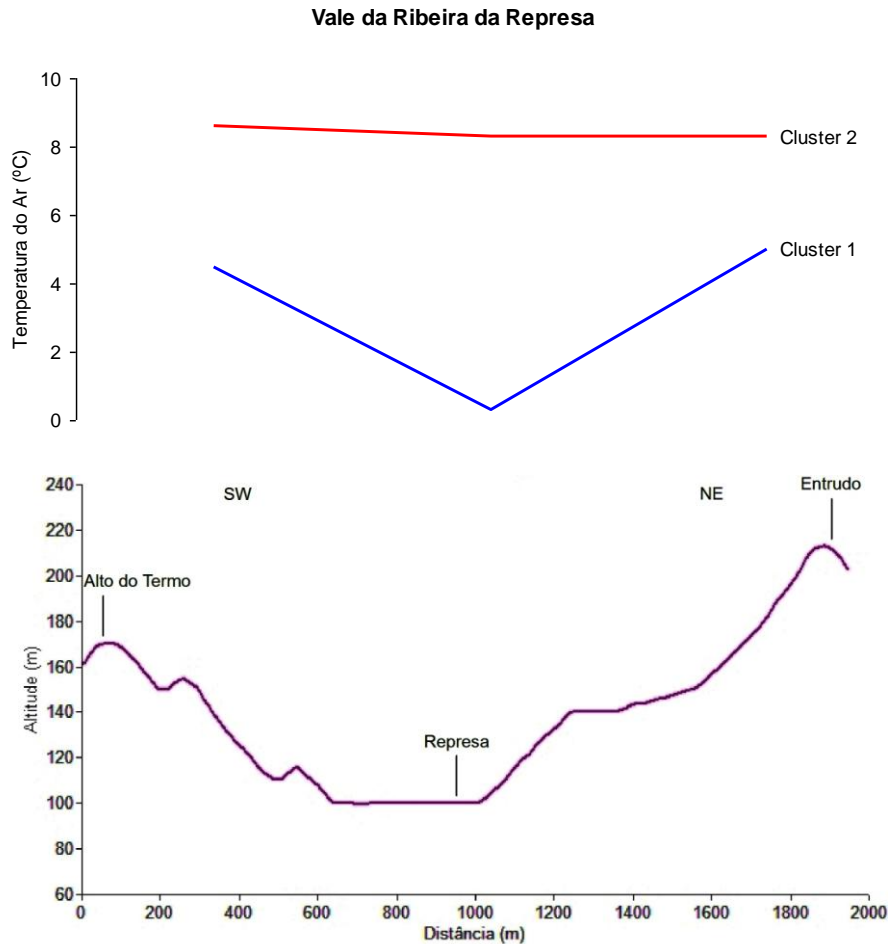
De notar uma maior frequência de dias com temperaturas inferiores a 0 °C no fundo de vale da ribeira da Represa (Represa) quando comparado com o fundo de vale da ribeira de Coalhos (Coalhos). Este aspecto estará provavelmente relacionado com a morfologia particular (vale fechado) do vale da ribeira da Represa a qual, potencia a acumulação de ar frio reflectida na descida das temperaturas mínimas do fundo de vale. Porém, os interflúvios adjacentes apresentam uma frequência de dias com temperaturas inferiores a 5 °C e inferiores a 0 °C muito similar nos dois vales alvo de estudo.

Os dias agrupados no *cluster* 2, em que a média da temperatura do ar nos fundos de vale é muito próxima dos interflúvios adjacentes, são em geral mais quentes que os agrupados no *cluster* 1. Este aspecto encontra-se ilustrado nas Figuras 3.15 e 3.16 onde se pode verificar a ocorrência de temperaturas de 8.3 °C (Represa) a 8.9 °C (Coalhos) nos fundos de vale e, temperaturas de 8.3 °C (Entrudo), 8.6 °C (Alto do Termo e Montes Cimeiros) e 9.0 °C (Pedregulho) nos interflúvios adjacentes.

Perfil Topográfico	Vale da Ribeira da Represa			Vale da Ribeira de Coalhos		
Posto Termométrico	<i>Alto do Termo</i>	<i>Represa</i>	<i>Entrudo</i>	<i>Pedregulho</i>	<i>Coalhos</i>	<i>Montes Cimeiros</i>
Posição Topográfica	Topo de Interflúvio	Fundo de Vale	Topo de Interflúvio	Planalto	Fundo de Vale	Planalto
Altitude (m)	172	100	213	181	99	184
<i>Total</i>						
T. Média (°C)	7.4	6.0	7.4	7.8	6.7	7.4
T. Máx. Abs. (°C)	14.9	15.3	14.2	14.7	15.6	14.7
T. Mín. Abs. (°C)	-0.4	-4.8	-0.6	-0.5	-3.5	-0.9
1º Decil (°C)	1.2	-1.7	2.3	1.9	-0.04	1.8
1º Quartil (°C)	4.3	2.6	4.0	5.0	3.0	4.5
Mediana (°C)	7.6	6.1	7.6	8.1	6.5	7.6
3º Quartil (°C)	10.7	10.1	10.4	11.0	10.4	10.7
9º Decil (°C)	12.5	12.1	12.5	12.3	12.5	12.4
Desvio Padrão (°C)	4.2	5.4	4.0	4.1	4.9	4.1
Nº Dias T Mín. < 5 °C	14	21	13	12	19	13
Nº Dias T Mín. < 0 °C	2	8	2	1	5	2
Nº Dias T Mín. < -5 °C	0	0	0	0	0	0
<i>Cluster 1</i>						
T. Média (°C)	4.5	0.3	5.0	5.8	3.2	5.6
T. Máx. Abs. (°C)	7.0	4.4	8.7	13.3	12.2	13.3
T. Mín. Abs. (°C)	-0.4	-4.8	-0.4	-0.5	-3.5	-0.9
1º Decil (°C)	0.2	-3.1	2.3	1.6	-0.9	1.5
1º Quartil (°C)	3.1	-2.6	2.8	3.3	0.2	2.9
Mediana (°C)	5.2	0.6	5.8	6.5	3.1	6.8
3º Quartil (°C)	6.8	3.1	7.2	7.9	5.1	7.4
9º Decil (°C)	6.9	4.0	7.6	9.7	7.1	8.7
Desvio Padrão (°C)	2.7	3.3	2.7	3.5	3.8	3.5
Nº Dias T Mín. < 5 °C	7	14	7	7	13	8
Nº Dias T Mín. < 0 °C	2	7	1	1	4	1
Nº Dias T Mín. < -5 °C	0	0	0	0	0	0
<i>Cluster 2</i>						
T. Média (°C)	8.6	8.3	8.3	9.0	8.9	8.6
T. Máx. Abs. (°C)	14.9	15.3	14.2	14.7	15.6	14.7
T. Mín. Abs. (°C)	0.2	-0.7	-0.6	0.2	-1.0	-0.4
1º Decil (°C)	2.5	1.2	2.4	2.3	2.2	1.9
1º Quartil (°C)	5.9	5.4	6.2	6.6	6.6	6.1
Mediana (°C)	9.2	9.0	9.3	9.8	9.2	9.4
3º Quartil (°C)	11.4	11.4	11.1	11.7	11.4	11.2
9º Decil (°C)	13.4	12.7	13.2	12.8	13.9	12.8
Desvio Padrão (°C)	4.1	4.3	4.1	4.1	4.3	4.1
Nº Dias T Mín. < 5 °C	7	7	7	5	6	5
Nº Dias T Mín. < 0 °C	0	1	1	0	1	1
Nº Dias T Mín. < -5 °C	0	0	0	0	0	0

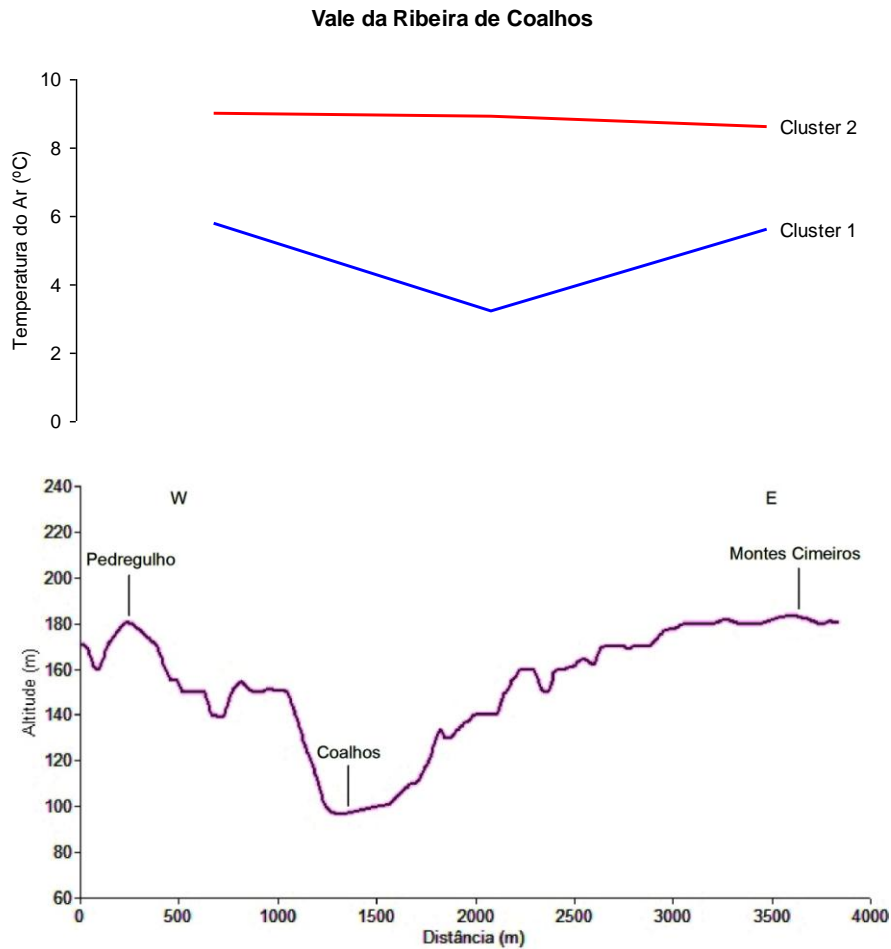
**Quadro 3.15** – Síntese dos dados registados durante o Inverno de 2009/2010 na região de Alvega às 8h.

No *cluster* 2, esbatem-se os contrastes térmicos existentes entre os fundos de vale e os interflúvios adjacentes. A análise das Figuras 3.15 e 3.16 permite verificar que a média da temperatura mínima do ar é muito próxima nos fundos de vale e interflúvios adjacentes nos vales das ribeiras da Represa e de Coalhos.



**Figura 3.15** – Perfil topográfico entre o Alto do Termo e Entrudo e perfis térmicos, com a variação das temperaturas médias do ar registadas em episódios classificados nos *clusters* 1 e 2.

Os estudos dos factores que determinam as diferenças de temperatura entre os dias incluídos nos *clusters* 1 e 2 nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos foi realizado com recurso às notas explicativas publicadas no boletim meteorológico diário do Instituto de Meteorologia referentes à estação de Alvega no período de 7/2/2010 a 27/3/2010. Uma vez que esta publicação não apresenta dados relativos à velocidade do vento e à nebulosidade, recorreu-se aos registos da situação sinóptica à superfície em Portugal Continental às 12h para avaliar o grau de estabilidade da atmosfera nos dias incluídos nos *clusters* 1 e 2 dos vales estudados (Quadro 3.16).



**Figura 3.16** – Perfil topográfico entre o Pedregulho e Montes Cimeiros e perfis térmicos, com a variação das temperaturas médias do ar registadas em episódios classificados nos *clusters* 1 e 2.

Os episódios de drenagem e acumulação de ar frio (*cluster* 1) ocorrem preferencialmente em situações anticiclónicas, sem nebulosidade e com vento fraco ou nulo, ou seja, situações de elevada estabilidade da atmosfera à superfície. A análise do Quadro 3.16 permite verificar uma correspondência considerável (de 18.4% a 24.5% dos dias da amostra) entre os dias classificados no *cluster* 1 e os dias de estabilidade atmosférica à superfície (situações anticiclónicas). Esta correspondência é superior no vale da ribeira de Coalhos (24.5%) quando comparada com a do vale da ribeira da Represa (18.4%).

Os episódios em que as condições propiciam o desenvolvimento de um gradiente térmico vertical negativo (*cluster* 2) ocorrem preferencialmente em situações depressionárias caracterizadas por uma instabilidade atmosférica à superfície. Como tal, verifica-se no Quadro 3.16) uma correspondência substancial (de 24.5% a 28.6% dos dias da amostra) entre os dias incluídos no *cluster* 2 e os dias de instabilidade atmosférica à superfície (situações depressionárias). Esta correspondência é ligeiramente superior no vale da ribeira da Represa (28.6%) face à observada no vale da ribeira de Coalhos (24.5%).

Mês	Dia	Situação Sinóptica à Superfície às 12h	Vale da Ribeira da Represa		Vale da Ribeira de Coalhos	
			Cluster 1	Cluster 2	Cluster 1	Cluster 2
Fevereiro	7	A	X	-	-	X
	8	B	-	X	-	X
	9	B	X	-	X	-
	10	A	-	X	-	X
	11	B	X	-	X	-
	12	A	-	X	-	X
	13	B	X	-	X	-
	14	B	-	X	-	X
	15	B	-	X	-	X
	16	B	-	X	-	X
	17	B	-	X	-	X
	18	B	-	X	X	-
	19	B	X	-	X	-
	20	A	-	X	-	X
	21	B	-	X	-	X
	22	B	-	X	-	X
	23	B	-	X	-	X
	24	A	-	X	-	X
	25	A	-	X	-	X
	26	A	X	-	X	-
	27	B	-	X	-	X
	28	B	X	-	X	-
Março	1	A	-	X	-	X
	2	A	-	X	-	X
	3	B	-	X	-	X
	4	A	-	X	-	X
	5	A	-	X	-	X
	6	B	-	X	-	X
	7	A	-	X	-	X
	8	A	-	X	-	X
	9	B	-	X	X	-
	10	A	X	-	-	X
	11	A	-	X	X	-
	12	A	X	-	X	-
	13	A	X	-	X	-
	14	A	X	-	X	-
	15	A	X	-	X	-
	16	A	-	X	X	-
	17	A	X	-	X	-
	18	A	-	X	X	-
	19	A	-	X	-	X
	20	A	-	X	-	X
	21	A	-	X	-	X
	22	A	-	X	-	X
	23	A	-	X	X	-
	24	A	-	X	-	X
	25	B	-	X	-	X
	26	A	X	-	X	-
	27	A	-	X	X	-

A – Situação Sinóptica Anticiclónica; B – Situação Sinóptica Depressionária.

**Quadro 3.16** – Grau de estabilidade da atmosfera à superfície às 12h em Portugal Continental nos dias incluídos nos *clusters* 1 e 2 nos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos no período de 7/2/2010 a 27/3/2010 (Fonte: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaur.html>).

### 4.3 Características das temperaturas mínimas no Inverno de 2009/2010

O estudo da influência da topografia nos padrões das temperaturas mínimas diárias do ar na região de Alvega realizado no Inverno de 2009/2010 permitiu identificar as características que alegaremos de seguida.

A análise da frequência horária da temperatura mínima do ar permitiu verificar que esta ocorre preferencialmente às 8 horas, escassos minutos após o nascer do Sol. Em particular, no posto termométrico Entrudo a temperatura mínima do ar ocorre simultaneamente às 23h, 8h e 9h, aspecto provavelmente relacionado com o carácter intermitente dos fenómenos de drenagem do ar frio junto ao solo ou com o encobrimento devido à presença de árvores adiando o efectivo nascer do Sol neste local.

Tendo em conta o referido, seleccionaram-se os registos das temperaturas mínimas às 8h para o cálculo das diferenças em relação aos respectivos postos de referência definidos para os perfis dos vales da ribeira da Represa e da ribeira de Coalhos. O critério que presidiu à escolha dos postos termométricos Entrudo para o vale da ribeira da Represa e Montes Cimeiros para o vale da ribeira de Coalhos enquanto postos de referência foi a maior altitude da sua localização relativamente aos restantes. A classificação das temperaturas resultantes da diferença calculada em relação aos postos de referência de acordo com o método dos *k-means* identificou 2 padrões (*clusters* 1 e 2) aos quais se associam diferentes condições de estabilidade atmosférica.

Os episódios de drenagem e acumulação de ar frio nos fundos de vale incluídos no *cluster* 1 e caracterizados pela ocorrência de temperaturas mínimas inferiores nos fundos de vale relativamente aos interflúvios adjacentes representam 28.6% dos dias amostrados no vale da ribeira da Represa e 38.8% dos dias amostrados no vale da ribeira de Coalhos. Na maioria dos dias integrados no *cluster* 1 do vale da ribeira da Represa e do vale da ribeira de Coalhos apresentavam uma situação sinóptica anticiclónica à superfície reflectindo a estabilidade da atmosfera. A elevada correspondência entre os dias incluídos no *cluster* 1 e os dias caracterizados por situações sinópticas anticiclónicas à superfície reflecte o carácter potenciador destas condições atmosféricas no desenvolvimento deste tipo de padrão térmico. Embora os dias constituintes do *cluster* 1 do vale da ribeira da Represa representem menor percentagem da amostra estudada relativamente aos dias constituintes no *cluster* 1 do vale da ribeira de Coalhos, as diferenças das temperaturas mínimas entre os fundos dos vales mais frios e os interflúvios adjacentes mais quentes assumem maior magnitude no vale da ribeira da Represa. A justificação deste aspecto reside provavelmente na morfologia singular do vale da ribeira da Represa (vale fechado) particularmente favorável à acumulação de ar frio no fundo de vale.

Os episódios controlados pelo gradiente térmico vertical negativo incluídos no *cluster* 2 representam 71.4% dos dias amostrados do vale da ribeira da Represa e 61.2% dos dias do vale da ribeira de Coalhos. A maioria dos dias agrupados no *cluster* 2 apresentava situações

depressionárias à superfície reflectindo condições de instabilidade atmosférica. A turbulência atmosférica esbate os contrastes térmicos entre os fundos de vale e os interflúvios adjacentes manifestando estas temperaturas muito próximas.

## 5. Regimes e contrastes pluviométricos

A distribuição espacial da precipitação na região de Alvega é estudada com base nos registos de estações meteorológicas e postos udométricos da rede do INAG, IP disponíveis na região de Alvega e envolvente próxima para um período de dados comuns e sem hiatos de 19 anos (1981-2000). As características e locais de instalação da referida estação meteorológica/postos udométricos encontram-se descritas e ilustrados no ponto 2.1.1 do presente capítulo.

O estudo tem início na análise comparativa do regime mensal da precipitação entre as diversas estações meteorológicas/postos udométricos da rede do INAG, IP situadas em diferentes posições topográficas representativas das unidades do relevo da região de Alvega. A análise da variação espacial da precipitação é realizada de seguida, identificando-se no final os principais factores condicionantes dessa variação.

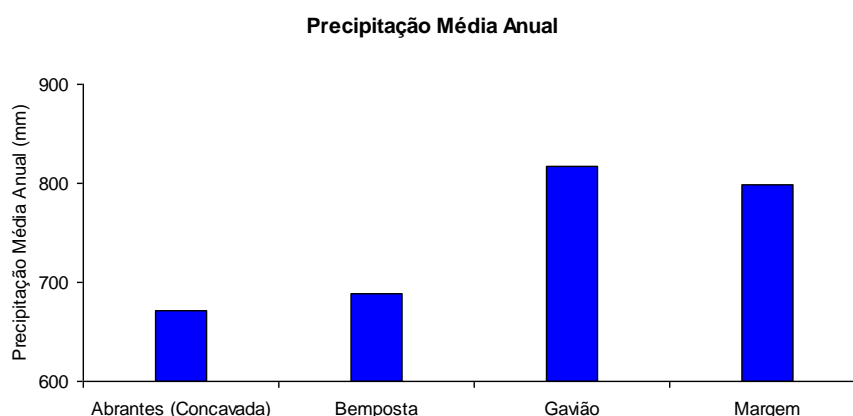
Antes de iniciar a análise dos regimes e contrastes pluviométricos da região de Alvega e envolvente próxima calculou-se a correlação entre a precipitação anual no intuito de avaliar a força ou grau de relacionamento das estações meteorológicas/postos udométricos da rede do INAG, IP. Considera-se existir uma elevada correlação entre as variáveis quando os coeficientes são superiores a 0.8 (Vincent *et al.*, 2002, *Cit. in* Mora, 2006). As precipitações anuais manifestam entre si elevadas correlações (Quadro 3.17). Além disso, as diferenças entre os coeficientes de correlação da estação meteorológica/postos udométricos são pequenas (Quadro 3.17). Não se identifica a existência de um factor preponderante de influência sobre o comportamento da precipitação anual na região de Alvega. Deste modo, o comportamento da precipitação anual na estação meteorológica/postos udométricos deverá provavelmente ser influenciado por uma combinação (variável para cada estação meteorológica/posto udométrico) de factores tais como as características locais do terreno, a posição topográfica e a proximidade geográfica.

<b>Estação Meteorológica</b>	<b><i>Abrantes</i> (Concavada)</b>	<b><i>Bemposta</i></b>	<b><i>Gavião</i></b>	<b><i>Margem</i></b>
<i>Abrantes</i> (Concavada)	1			
<i>Bemposta</i>	0.936162573	1		
<i>Gavião</i>	0.842333761	0.859266605	1	
<i>Margem</i>	0.898421047	0.956616879	0.867218902	1

**Quadro 3.17** – Coeficientes de correlação (R) para a precipitação anual nas estações da região de Alvega e envolvente próxima. Todos os coeficientes de correlação (R) apresentam valores superiores a 0.8.

## 5.1 Regime da precipitação

A região de Alvega e envolvente próxima apresenta um regime anual da precipitação mediterrâneo caracterizado pela irregularidade mensal e interanual. A influência da altitude na variação espacial da precipitação média anual encontra-se ilustrada na Figura 3.17 e documentada no Quadro 3.18. Assim, as estações da Bemposta e de Abrantes (Concavada) localizadas a menor altitude (96 m e 105 m, respectivamente) e em posição de abrigo (fundo de vale e terraço fluvial, respectivamente) das massas de ar húmidas vindas do quadrante Oeste apresentam os menores valores de precipitação média anual (687.9 mm e 671.8 mm, respectivamente) registados na região de Alvega (Figura 3.17 e Quadro 3.18). As estações de Gavião e da Margem situadas a maior altitude (273 m e 210 m, respectivamente) e em posição de interflúvio (topo de interflúvio e planalto, respectivamente) registam valores médios anuais de precipitação (817.6 mm e 799.0 mm, respectivamente) superiores às estações das áreas deprimidas supracitadas (Figura 3.17 e Quadro 3.18).



**Figura 3.17** – Regime anual da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

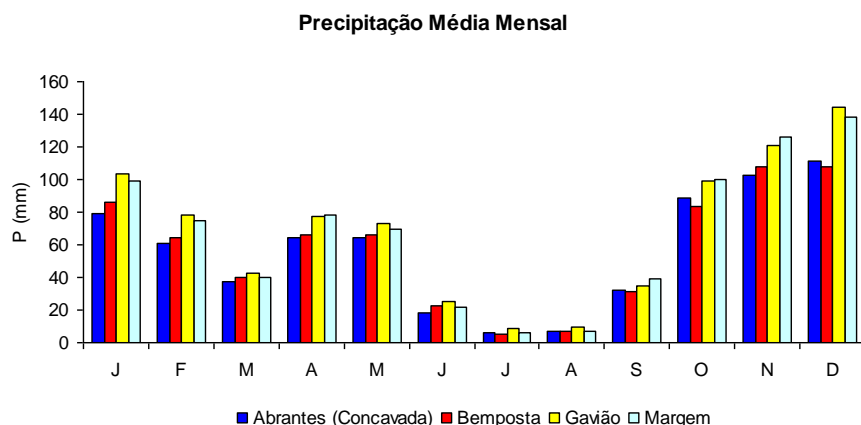
Estação Meteorológica/Postos Udométricos	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<i>Abrantes (Concavada)</i>	480.3	574.9	646.2	772.6	937.1
<i>Bemposta</i>	498.0	556.6	649.8	813.7	941.6
<i>Gavião</i>	549.0	644.0	819.6	973.5	1033.6
<i>Margem</i>	491.4	649.7	778.0	878.2	1244.2

**Quadro 3.18** – Precipitação média anual (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação meteorológica/postos udométricos da região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

A análise das médias mensais registadas na estação meteorológica/postos udométricos da região de Alvega e envolvente próxima no período de 1981 a 2000 permite verificar o carácter sazonal da precipitação característico do clima mediterrâneo (Figura 3.18). Deste modo, a estação seca



caracterizada por fraca precipitação média desenvolve-se de Junho a Setembro atingindo os valores mínimos em Julho e Agosto com quantitativos inferiores a 20 mm (Figura 3.18). A estação húmida desenvolve-se de Outubro a Maio sendo os valores máximos de precipitação média atingidos nos meses de Outubro a Fevereiro com quantitativos iguais ou superiores a 60.6 mm nas estações de menor altitude e quantitativos iguais ou superiores a 74.6 mm nas estações de maior altitude (Figura 3.18).



**Figura 3.18** – Regime mensal da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

O regime provável da precipitação ao longo do ano na região de Alvega e envolvente próxima apresenta um carácter sazonal desenvolvendo-se a estação húmida de Outubro a Maio e a estação seca de Junho a Setembro.

No seio da estação húmida destaca-se o conjunto de meses mais chuvosos de Outubro a Fevereiro apesar da irregularidade patente no aumento da diferença dos valores da precipitação dos Quartis 1 e 3 dos referidos meses (Quadros 3.19 a 3.22). Assim, o mês de Outubro apresenta diferenças entre o Decil 9 e a Mediana variáveis entre 76.0 mm e 143.9 mm (Quadro 3.19 a 3.22) definindo “(...) a esta latitude o início da estação húmida e o acentuar da irregularidade” (Barry e Chorley, 2003, *Cit. in* Mora, 2006). A diferença entre o Decil 9 e a Mediana aumenta gradualmente nos meses de Novembro onde varia entre 155.4 mm e 165.7 mm e Dezembro onde varia entre 161.3 mm e 217.3 mm (Quadro 3.19 a 3.22). Nos meses de Janeiro e Fevereiro ainda com valores elevados esta diferença diminui um pouco variando entre 71.3 mm e 118.4 mm e entre 54.8 mm e 120.9 mm, respectivamente (Quadro 3.19 a 3.22).

Em Março assinala-se uma diminuição drástica na diferença entre o Decil 9 e a Mediana variando esta entre 38.7 mm e 52.8 mm. Este comportamento traduz o fim do período dos meses mais chuvosos da estação húmida. Nos meses mais chuvosos da estação húmida a diferença

entre o Decil 9 e a Mediana é mais expressiva nas estações de maior altitude do que nas estações de menor altitude (Quadro 3.19 a 3.22).

Abril e Maio são meses de transição caracterizados por uma diminuição gradual da precipitação e por uma redução dos valores máximos. Nestes meses primavera a média da precipitação oscila entre os 63.9 mm e os 66.0 mm nas estações de menor altitude (Abrantes - Concavada e Bemposta) e entre os 69.3 mm e os 77.9 mm nas estações de maior altitude (Gavião e Margem) da região de Alvega (Figura 3.18).

Na estação seca distinguem-se os meses de Julho e Agosto por apresentarem os registos mínimos de precipitação.

O regime provável da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima apresenta valores extremos mais marcados nas estações de maior altitude (Gavião e Margem) situadas em posição de interflúvio e com maiores quantitativos de precipitação média anual relativamente às estações de menor altitude (Abrantes - Concavada e Bemposta) localizadas em áreas deprimidas e com menores quantitativos de precipitação média anual (Quadro 3.19 a 3.22).

<b>Estação Meteorológica de Abrantes (Concavada)</b>					
<b>Mês</b>	<b>1º Decil</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>9º Decil</b>
<b>Janeiro</b>	10.6	49.3	63.6	101.9	134.9
<b>Fevereiro</b>	14.5	25.1	55.8	85.2	113.9
<b>Março</b>	13.0	18.6	24.9	52.4	76.3
<b>Abril</b>	24.2	39.3	60.8	76.6	93.6
<b>Maio</b>	6.7	31.1	59.3	101.2	117.8
<b>Junho</b>	0.0	4.3	12.2	24.7	32.5
<b>Julho</b>	0.0	0.4	3.6	8.0	13.2
<b>Agosto</b>	0.0	0.0	1.9	9.0	20.0
<b>Setembro</b>	2.1	11.6	23.6	36.0	79.7
<b>Outubro</b>	24.8	54.1	80.4	110.7	156.4
<b>Novembro</b>	16.8	43.2	78.2	135.2	233.6
<b>Dezembro</b>	24.8	40.7	80.2	173.8	241.5

**Quadro 3.19** – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) na estação meteorológica de Abrantes (Concavada) para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

Posto Udométrico da Bemposta					
Mês	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<b>Janeiro</b>	5.8	47.9	62.0	101.5	180.4
<b>Fevereiro</b>	14.3	25.8	64.6	103.4	119.4
<b>Março</b>	11.3	16.5	26.7	56.2	74.0
<b>Abril</b>	26.2	38.9	64.5	83.2	106.3
<b>Mai</b>	11.1	25.6	55.9	87.7	136.9
<b>Junho</b>	0.0	1.8	9.6	32.1	52.0
<b>Julho</b>	0.0	0.0	1.3	5.9	9.2
<b>Agosto</b>	0.0	1.4	4.2	13.5	19.2
<b>Setembro</b>	6.8	10.0	26.2	47.6	73.5
<b>Outubro</b>	27.5	34.5	65.4	134.1	154.3
<b>Novembro</b>	27.6	54.2	82.3	143.8	252.4
<b>Dezembro</b>	20.2	35.4	72.8	179.0	252.8

**Quadro 3.20** – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico da Bemposta para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

Posto Udométrico de Gavião					
Mês	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<b>Janeiro</b>	7.3	47.3	84.5	131.6	188.0
<b>Fevereiro</b>	20.4	30.2	63.5	104.1	184.4
<b>Março</b>	4.7	23.3	32.9	65.5	85.7
<b>Abril</b>	30.1	36.4	78.9	86.4	126.3
<b>Mai</b>	9.0	33.1	64.0	94.5	143.1
<b>Junho</b>	0.0	1.1	13.3	26.3	47.1
<b>Julho</b>	0.0	0.0	1.4	11.6	22.4
<b>Agosto</b>	0.0	0.0	2.5	17.0	24.6
<b>Setembro</b>	1.4	13.0	27.4	59.3	69.8
<b>Outubro</b>	37.5	56.1	82.3	115.9	216.9
<b>Novembro</b>	22.9	49.2	94.3	146.7	255.6
<b>Dezembro</b>	35.8	54.7	98.3	244.4	296.9

**Quadro 3.21** – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico de Gavião para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

Posto Udométrico da <i>Margem</i>					
Mês	1º Decil	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	9º Decil
<b>Janeiro</b>	4.1	54.2	74.3	121.5	191.1
<b>Fevereiro</b>	8.3	29.7	68.9	110.5	153.9
<b>Março</b>	7.7	22.0	34.5	57.2	73.2
<b>Abril</b>	24.9	40.1	74.0	110.4	127.6
<b>Mai</b>	6.1	15.6	60.1	106.3	141.2
<b>Junho</b>	0.0	2.2	8.6	21.5	57.0
<b>Julho</b>	0.0	0.0	1.1	5.5	12.1
<b>Agosto</b>	0.0	0.0	2.6	12.3	21.8
<b>Setembro</b>	2.4	7.1	32.7	54.1	88.4
<b>Outubro</b>	20.4	37.0	70.2	157.6	214.1
<b>Novembro</b>	26.4	45.7	100.2	158.0	265.9
<b>Dezembro</b>	25.5	42.2	88.3	225.0	306.0

**Quadro 3.22** – Precipitação média mensal (1º Decil, 1º Quartil, Mediana, 3º Quartil, 9º Decil) no posto udométrico da Margem para o período de 1981 a 2000 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica do INAG, IP).

## 5.2 Variação espacial da precipitação

A distribuição espacial da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima é influenciada, essencialmente, pela posição topográfica dado tratar-se de uma área topograficamente contrastada e de reduzida dimensão onde as diferenças latitudinais, longitudinais e altitudinais não são significativas. Deste modo, utilizaram-se os registos das precipitações médias mensais da estação meteorológica/postos udométricos da rede meteorológica do INAG, IP em representação das principais unidades de relevo da região de Alvega. As características pluviométricas do planalto são identificadas com base no posto udométrico da Margem, as dos topos de interflúvio com base no posto udométrico de Gavião, as dos terraços fluviais com base na estação meteorológica de Abrantes (Concavada) e as dos fundos de vale com base no posto udométrico da Bemposta. As vertentes são caracterizadas por interpretação a partir da análise do comportamento das precipitações na estação meteorológica/postos udométricos da rede meteorológica do INAG, IP e do conhecimento dos factores responsáveis pela repartição espacial da precipitação na região de Alvega e envolvente próxima.

A precipitação média anual apresenta valores superiores nos interflúvios, nomeadamente topos de interflúvio (Gavião - 817.6 mm) e planalto (Margem - 799.0 mm) quando comparado com as áreas deprimidas, nomeadamente fundos de vale (Bemposta - 687.9 mm) e terraços fluviais

(Abrantes – Concavada - 671.8 mm). Este aspecto enquadra-se nos contrastes pluviométricos assinalados por Daveau *et al.* (1977) (Figura 1.17).

Em geral, a precipitação média mensal também manifesta valores superiores nos interflúvios (topos de interflúvio e planalto) relativamente às áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais). O carácter sazonal da precipitação no clima mediterrâneo é notável na disparidade dos valores médios registados nos meses de Outubro a Maio (estação húmida) relativamente aos registados nos meses de Junho a Setembro (estação seca). Deste modo, a precipitação média mensal apresenta valores máximos em Dezembro variando entre os 137.9 mm (planalto) e os 144.1 mm (topos de interflúvio) nos interflúvios e, entre os 108.1 mm (fundos de vale) e os 111.0 mm (terraços fluviais) nas áreas deprimidas. Os valores mínimos ocorrem em Julho oscilando entre os 5.4 mm (fundos de vale) e os 6.3 mm (terraços fluviais) nas áreas deprimidas e, entre os 6.1 mm (planalto) e os 8.6 mm (topos de interflúvio) nos interflúvios.

Em síntese, as precipitações médias anuais e mensais apresentam-se mais intensas nos interflúvios (topos de interflúvio e planalto) sendo menos acentuadas nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) da região de Alvega. As vertentes deverão apresentar características pluviométricas de transição, ou seja, mais acentuadas que as manifestadas pelas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) e menos acentuadas que as reveladas pelos interflúvios (topos de interflúvio e planalto).

### 5.3 Factores que condicionam a variação espacial da precipitação

A repartição da precipitação na região de relevo acidentado de Alvega depende, essencialmente, da posição topográfica. Assim, precipitação média anual varia entre os 799.0 mm (planalto - Margem) e os 817.6 mm (topo de interflúvio - Gavião) nos interflúvios e, entre os 671.8 mm (terraço fluvial - Abrantes – Concavada) e os 687.9 mm (fundo de vale - Bemposta) nas áreas deprimidas da região de Alvega.

Os meses de Outubro a Fevereiro apresentam-se como os meses mais chuvosos variando a precipitação média mensal entre os 144.1 mm (topo de interflúvio - Gavião) e os 137.9 mm (planalto - Margem) nos interflúvios e, entre os 111.0 mm (terraço fluvial - Abrantes – Concavada) e os 108.1 mm (fundo de vale - Bemposta) nas áreas deprimidas. Em oposição, os meses de Julho e Agosto apresentam-se como os meses mais secos oscilando a precipitação média mensal entre os 6.1 mm (planalto - Margem) e os 8.6 mm (topo de interflúvio - Gavião) nos interflúvios e, entre os 5.4 mm (fundo de vale - Bemposta) e os 6.3 mm (terraço fluvial - Abrantes – Concavada) nas áreas deprimidas.

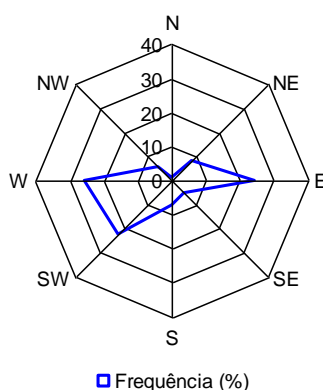
## 6. Regime do vento

O regime anual do vento na região de Alvega foi estudado com base nos registos das estações meteorológicas da rede da PEGOP, SA para o período de 1999 a 2003. No entanto, adverte-se para o facto dos registos do vento serem apenas representativos dos locais de implantação das estações meteorológicas pelo que a sua análise deve ser utilizada com as devidas reservas. As características das referidas estações meteorológicas encontram-se descritas no ponto 2.1.2.

A complexidade da análise do vento na região de Alvega resulta do controlo exercido pela topografia local no rumo dominante do vento. Deste modo, os registos das estações estudadas, nomeadamente CTP, Gavião, Pego e S. Facundo manifestam regimes com diferentes características (Figuras 3.19 a 3.22).

Na CTP, o vento apresenta um regime plurimodal predominando o vento dos quadrantes Oeste (25.6%), Este (24.5%) e Sudoeste (30.3%) (Figura 3.19).

**Central Termoeléctrica do Pego**

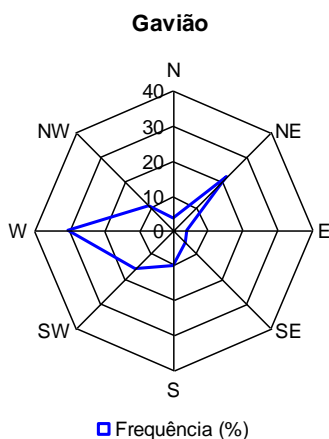


**Figura 3.19** – Rumo do vento (frequência - %) na CTP no período de 1999 a 2003  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

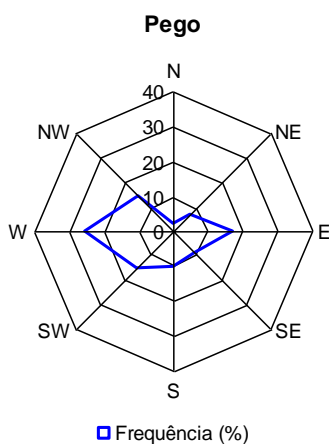
Em Gavião, o vento apresenta um regime bimodal predominando o vento de Oeste (30.3%) e de Nordeste (21.8%) embora o rumo de Sudoeste (15.6%) também apresente uma frequência considerável (Figura 3.20).

O vento apresenta um regime unimodal no Pego predominando o vento de Oeste (25.5%) embora os rumos de Este (17.1%), Sudoeste (15.2%) e Noroeste (14.0%) também apresentem frequências apreciáveis (Figura 3.21).

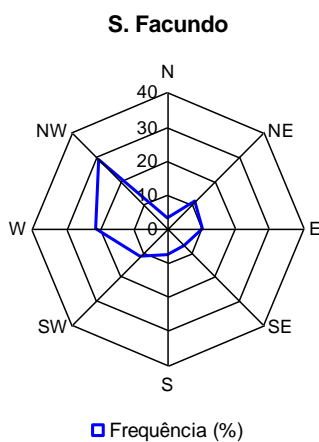
Em S. Facundo, o vento apresenta um regime bimodal predominando o vento de Noroeste (28.3%) e de Oeste (21.2%) (Figura 3.22).



**Figura 3.20** – Rumo do vento (frequência - %) em Gavião no período de 1999 a 2003  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).



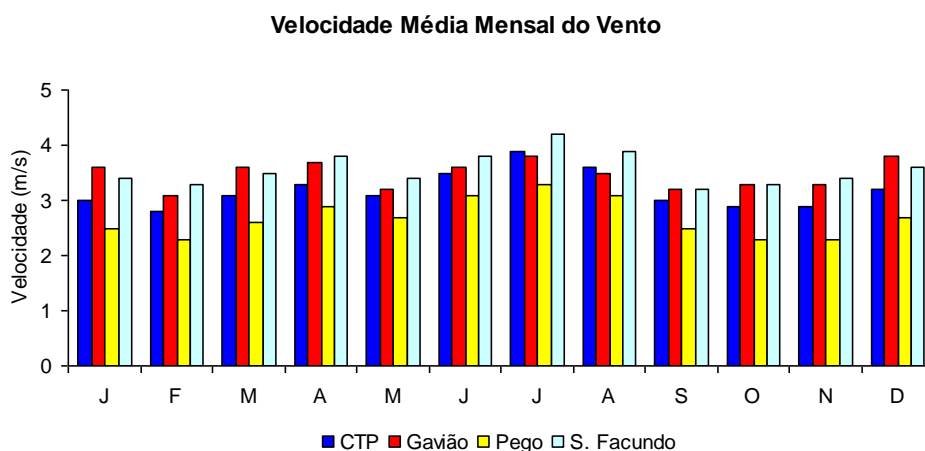
**Figura 3.21** – Rumo do vento (frequência - %) no Pego no período de 1999 a 2003  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).



**Figura 3.22** – Rumo do vento (frequência - %) em S. Facundo no período de 1999 a 2003  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).

No cômputo geral, evidencia-se uma predominância do vento de Oeste nas estações meteorológicas da rede da PEGOP, SA à exceção de S. Facundo em que o vento dominante é de Noroeste seguindo-se o quadrante Oeste. A segunda maior frequência de ocorrência é dos quadrantes Este a Nordeste à exceção de S. Facundo que é de Oeste como referido anteriormente. Destaca-se ainda o quadrante Sudoeste como o terceiro mais frequente em todas as estações meteorológicas estudadas.

Na região de Alvega, a velocidade média mensal do vento é fraca a moderada ao longo de todo o ano com ténues contrastes espaciais entre as diversas estações da rede meteorológica da PEGOP, SA (Figura 3.23). O regime anual da velocidade do vento é caracterizado por uma aceleração entre os meses de Fevereiro a Abril, de Maio a Julho e de Novembro a Janeiro e por uma desaceleração entre os meses de Janeiro a Fevereiro, Abril a Maio e Julho a Novembro (Figura 3.23). Ao longo do ano a velocidade média mensal do vento na região de Alvega é, em geral, superior nas estações meteorológicas de maior altitude (Gavião e S. Facundo) em resultado da menor força de atrito exercida pela superfície terrestre (Figura 3.23). Deste modo, na região de Alvega a velocidade média mensal do vento apresenta o valor máximo da ordem dos  $4.2 \text{ m.s}^{-1}$  em Julho na estação meteorológica de S. Facundo e, o valor mínimo da ordem dos  $2.3 \text{ m.s}^{-1}$  em Fevereiro, Outubro e Novembro na estação meteorológica do Pego (Figura 3.23).



**Figura 3.23** – Regime anual da velocidade do vento na região de Alvega para o período de 1999 a 2003 (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA).



## CAPITULO IV

### *Climas Locais, Características e Distribuição*

#### 1. Introdução

Os climatopos são unidades espaciais de dimensão local constituídas por elementos da morfologia e do uso do solo que interagem de modo particular com a atmosfera (Alcoforado, 1999). De acordo com Alcoforado (1999) o termo *climatopo* “(...) significa uma unidade espacial (até vários hectares) com resposta climática semelhante”. A caracterização e síntese cartográfica dos climas locais da região de Alvega constituem o objectivo deste capítulo. A elaboração da carta dos climas locais da região de Alvega tem como referência metodológica a carta de síntese climática desenvolvida por Carla Mora em 2006 para a Serra da Estrela (Scherer *et al.*, 1999; Alcoforado, 1999 e Mora, 2006). A síntese cartográfica dos climas locais tem por base a definição dos climatopos a partir das unidades de relevo classificadas por factores que reflectem comportamentos climáticos particulares tais como a exposição das vertentes e o *sky view factor* dos fundos de vale, cruzadas com o uso do solo. Determinaram-se assim as principais características radiativas e térmicas dos climatopos.

A análise e integração dos descritores-base empregues na definição dos climatopos foi realizada em ambiente SIG com recurso ao *software ArcGis 9.3* (ESRI) e *SagaGis 2.0.4* (Open Source). Subjacente à referida carta, encontra-se a construção do modelo digital do terreno, da carta de declives e da carta de exposição a partir da informação topográfica vectorial da Carta Militar de Portugal (IGeoE) à escala 1: 25 000 (Folhas 321, 322, 323, 331, 332, 333, 343, 344 e 345), cedida gratuitamente pela empresa Agri-Pro Ambiente, Consultores SA. O uso do solo classificou-se com base no ortofotomapa digital de Portugal Continental produzido pelo Instituto Geográfico Português (IGP) com base em fotografias aéreas digitais obtidas pela DGRF.

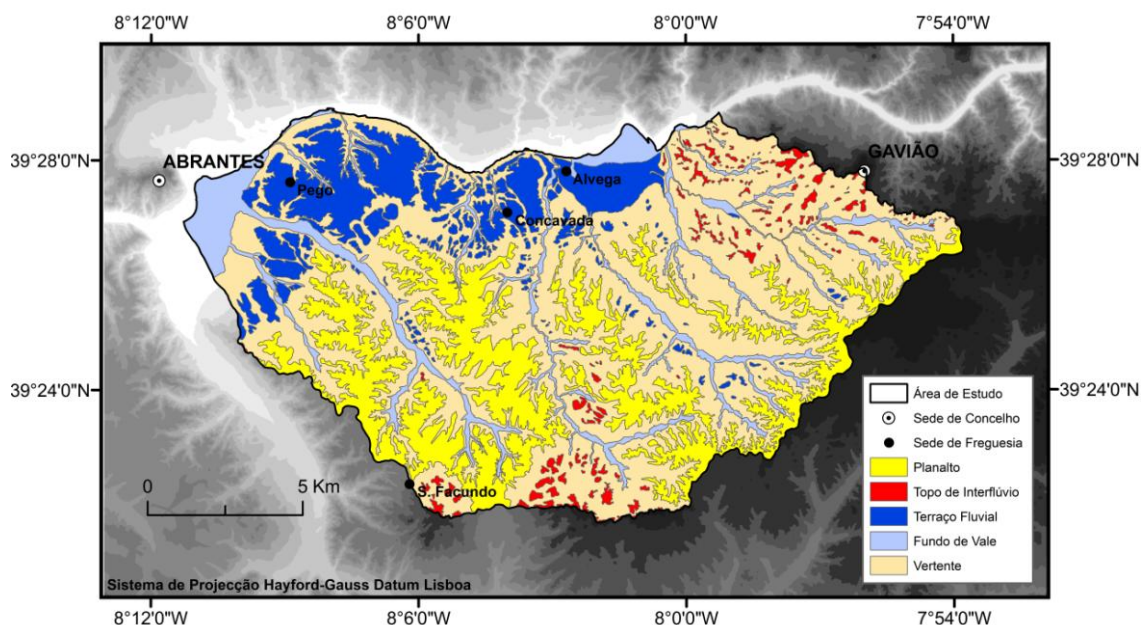
O conhecimento prévio da variação de elementos climáticos em função da topografia e do uso do solo obtido no capítulo III permitiu verificar a correspondência climática para alguns climatopos e assim chegar à caracterização de climas locais. Para os restantes climatopos foram sugeridas as características do clima por interpretação baseada no conhecimento do terreno.

A carta dos climas locais da região de Alvega exhibe uma legenda simples e de fácil interpretação por não especialistas em climatologia, onde se encontram sistematizadas as principais características dos climas locais constituindo uma ferramenta passível de aplicação no ordenamento do território. Por último, adverte-se que, por escassez de tempo e recursos

financeiros alguns elementos climáticos não foram estudados com detalhe suficiente pelo que esta tentativa de síntese dos climas locais deverá ser interpretada com as devidas reservas.

## 2. Carta das unidades de relevo

Tal como exposto no capítulo II, o clima local depende, essencialmente, das condições topográficas. Como tal, a delimitação das unidades de relevo assume particular importância. Elaborada a partir da carta topográfica e da carta de declives (ambas em formato digital) e suportada pelo conhecimento de campo, a *Carta das Unidades de Relevo da Região de Alvega* (Figura 4.1) visa reflectir o contributo do relevo para a definição do clima local. A delimitação espacial das unidades de relevo iniciou-se pelos interflúvios (planalto e topos de interflúvio), vertentes e fundos de vale uma vez que estas formas de relevo constituem as unidades-chave de diferenciação climática à escala local. Estas unidades de relevo foram delimitadas por interpretação morfológica a partir da linha de ruptura de declive que assinala a transição entre interflúvio e vertente e, entre fundo de vale e vertente. Posteriormente, delimitaram-se nas vertentes os terraços fluviais enquanto unidade de relevo com base, simultaneamente, no declive e na geologia. Deste modo, a legenda da *Carta das Unidades de Relevo da Região de Alvega* (Figura 4.1) é constituída por 5 classes representativas das formas de relevo dominantes as quais, traduzem diferenças climáticas à escala local.



**Figura 4.1** – Carta das unidades de relevo da região de Alvega.

Como se referiu no capítulo I, a região de Alvega corresponde a uma área topograficamente contrastada resultante da degradação por erosão fluvial da extensa superfície planáltica configurando um sistema de vales integrante à bacia hidrográfica do rio Tejo.

Os interflúvios na região de Alvega surgem sob as formas de planalto e de topos de interflúvio ocupando uma extensão de 21.5% e 2.3%, respectivamente. Suavemente inclinado de Sudeste para Noroeste, o planalto apresenta-se pontualmente interrompido por relevos residuais correspondentes a rochas eruptivas que configuram topos de interflúvio. De menor expressão espacial e significado climático, os topos de interflúvio incluem, além dos relevos residuais referidos anteriormente, os topos de colinas resultantes da degradação da cobertura ceno-antropozóica por erosão fluvial e as principais rechãs e portelas presentes na área de estudo.

As vertentes constituem a unidade de relevo mais extensa da região de Alvega ocupando mais de metade da sua superfície (54.6%). Esta unidade de relevo foi delimitada por interpretação morfológica tendo por base as rupturas de declive que assinalam a transição entre o interflúvio (planalto ou topo de interflúvio) e a vertente e a transição entre o fundo de vale e a vertente. O significado climático desta unidade de relevo assenta na relação entre a exposição das vertentes e o balanço radiativo. O intenso desenvolvimento de barrancos e valeiros nas vertentes dos vales da região de Alvega resultantes da conjugação da presença de cursos de água de carácter torrencial, declives acentuados e maciços fracturados reveste-se de significado climático por constituírem canais preferenciais de escoamento da drenagem atmosférica.

Na região de Alvega, as áreas morfológicamente deprimidas apresentam-se sob a forma de fundos de vale e de terraços fluviais ocupando uma superfície correspondente a 9.5% e 12.2%, respectivamente. Os vales da região de Alvega apresentam uma rede hidrográfica relativamente densa em virtude da presença do substrato cristalofílico hercínico e ante-hercínico sobre o qual assenta a cobertura sedimentar ceno-antropozóica. Os principais vales da região apresentam fundos maioritariamente amplos, abertos com um sentido de drenagem bem definida e, planos em resultado da colmatação de sedimentos (aluviões e coluviões) oriundos do processo de erosão e transporte fluvial de áreas adjacentes. Pelo contrário, os vales secundários e alguns troços dos vales principais da região apresentam fundos estreitos, encaixados ainda que pouco profundos. Os terraços fluviais desenvolvem-se em posição alcandorada e na dependência dos fundos dos principais vales da região de Alvega. A sua extensão depende da configuração morfológica das áreas adjacentes aos fundos de vale e da capacidade de transporte da rede hidrográfica. Tal como se observa na *Carta das Unidades de Relevo da Região de Alvega* (Figura 4.1), os terraços fluviais desenvolvem-se, essencialmente, ao longo do vale do Tejo e, pontualmente, ao longo dos vales dos principais afluentes do rio Tejo.

### 3. Definição dos climatopos

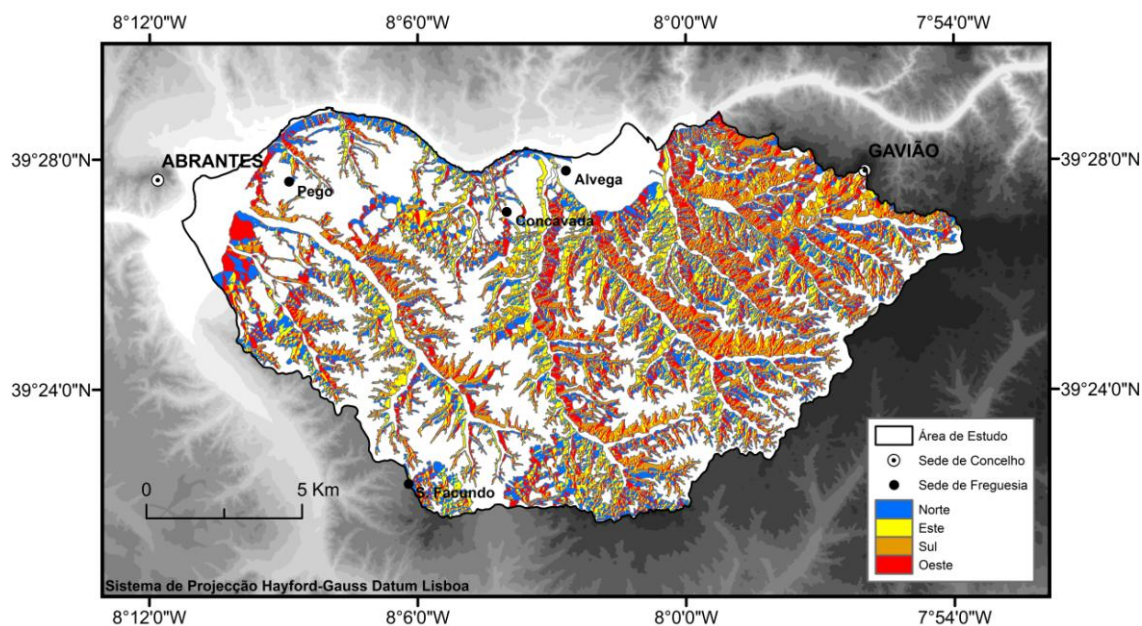
Os climatopos são espaços de dimensão local (até vários hectares) com características morfológicas (forma e posição do relevo, exposição e declive) e tipologias de uso do solo homogêneas com expectável tradução numa resposta climática semelhante (Scherer *et al.*, 1999 e Alcoforado, 1999). Deste modo, os climatopos da região de Alvega são definidos a partir das unidades de relevo classificadas por factores que traduzem comportamentos climáticos particulares nomeadamente a exposição das vertentes e o *sky view factor* dos fundos de vale. O uso do solo sobrepõe-se a estas unidades influenciando-as, alterando o seu cariz climático.

A informação contida nos descritores-base, nomeadamente morfológica (unidades de relevo, exposição das vertentes, *sky view factor* dos fundos de vale) e de uso do solo (áreas construídas, áreas agrícolas, áreas florestais), bem como a integração dos diversos níveis de informação climática foi realizada em ambiente SIG com recurso ao *software ArcGis 9.3* (ESRI) e *SagaGis 2.0.4* (Open Source).

#### 3.1 Relevo

##### 3.1.1 Exposição das vertentes

A radiação solar incidente afecta as vertentes de modo desigual em função da exposição e do declive com consequências no balanço radiativo (ver capítulo II). Como tal, as áreas definidas como vertentes na *Carta das Unidades de Relevo da Região de Alvega* (Figura 4.1) foram classificadas em função da sua exposição aos 4 quadrantes principais de modo a evidenciar as principais diferenças em termos de balanço radiativo. A *Carta da Exposição das Vertentes da Região de Alvega* (Figura 4.2) ilustra o forte contraste entre as exposições Norte e Sul com ênfase no Inverno e os contrastes entre as vertentes Este e Oeste não observável nos valores da radiação potencial, mas com importantes consequências no ritmo diurno das temperaturas do terreno e por conseguinte nas temperaturas do ar, humidade e sistemas de brisas (ver capítulo II).



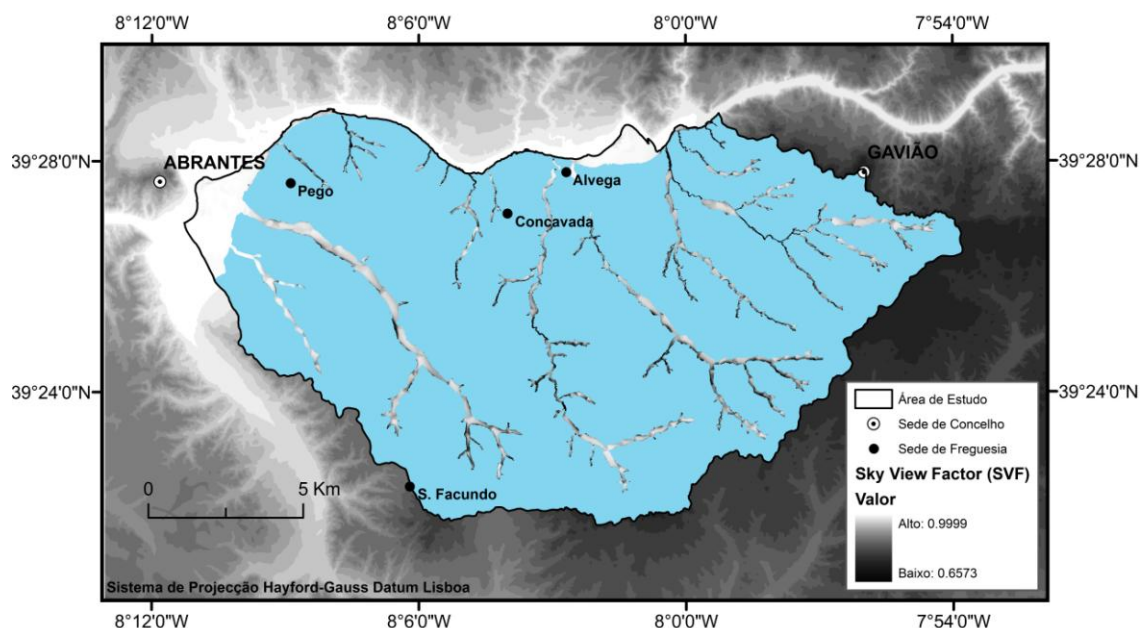
**Figura 4.2** – Carta de exposição das vertentes da região de Alvega.

### 3.1.2 *Sky view factor* dos fundos de vale

O *sky view factor* (SVF) é a relação entre a quantidade de céu observado a partir de um ponto, numa dada superfície, e o que potencialmente seria possível observar (Oke, 1996). Este índice reflecte o carácter mais ou menos aberto do relevo com consequências no balanço radiativo e no desenvolvimento de lagos de ar frio. Deste modo, os vales com valores de SVF baixos são mais encaixados pelo que manifestam, por um lado, maior tendência à acumulação de ar frio e, por outro, maior tendência à concentração de radiação solar reflectida e calor emitido pelas vertentes. Refira-se ainda que apesar do azimute dos obstáculos exercer uma influência<sup>1</sup> importante, quando o valor do SVF é baixo normalmente à menor insolação. Além disso, valores baixos de SVF propiciam uma maior reflexão e emissão de radiação pelas vertentes circundantes conduzindo frequentemente a um acréscimo dos valores de temperatura do ar mais elevados nas máximas diárias (Andrade, 2003).

O índice SVF foi aplicado às áreas definidas como fundos de vale na *Carta das Unidades de Relevo da Região de Alvega* (Figura 4.1) contribuindo para a definição dos climatopos da região de Alvega enquanto descritor-base. Tendo em consideração o conhecimento de campo bem como os elevados valores de SVF revelados pela área constituinte dos fundos de vale da região de Alvega (Figura 4.3) classificou-se quanto à forma os fundos de vale como abertos.

<sup>1</sup> Uma depressão sem obstáculos a Sul tem valores de radiação directa forte, apesar de poder ter valores de SVF baixos (Andrade, 2003).



**Figura 4.3** – *Sky view factor* (SVF) dos fundos de vale da região de Alvega.

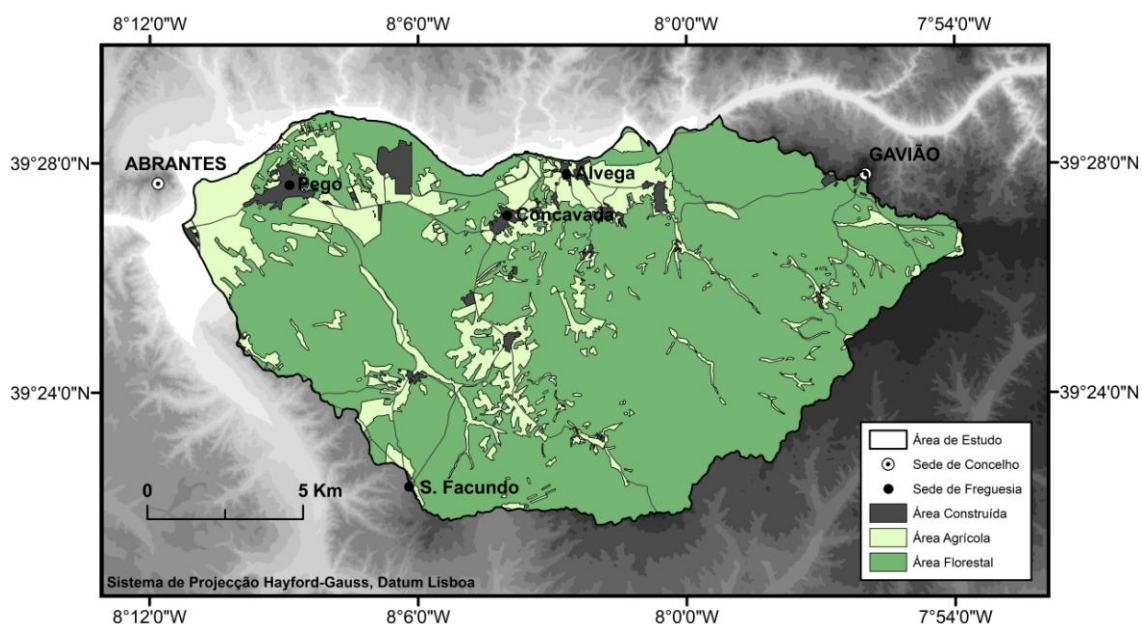
### 3.2 Uso do solo

O uso do solo a par com a morfologia constitui a base fundamental da definição dos climas locais. A tipologia de uso do solo condiciona o balanço energético e, por vezes, a ventilação (ver capítulo II). Assim, a *Carta do Uso do Solo da região de Alvega* (Figura 4.4) enquanto descritor-base para a definição dos climatopos resulta da classificação do uso do solo por fotointerpretação do ortofotomapa digital<sup>2</sup> da cobertura integral de Portugal Continental do Instituto Geográfico Português (IGP) disponibilizado gratuitamente através do serviço *m@pas online* de acordo com os padrões do *Open Geospatial Consortium, Web Map Service* (WMS) apoiada no conhecimento de campo (Figura 1.7). A legenda da carta do uso do solo da região de Alvega para a definição dos climatopos encontra-se organizada em 3 classes. O critério que presidiu ao processo de generalização do uso do solo da região de Alvega para a definição dos climatopos baseia-se na tipologia de uso associada ao comportamento climático. Deste processo resultou a integração das áreas urbanas, dos equipamentos e das vias de comunicação (rodovias e ferrovias) na classe *Área Construída*; a inclusão das culturas arvenses de sequeiro, das culturas arvenses de regadio, dos olivais e dos pomares na classe *Área Agrícola*; a integração

<sup>2</sup> O ortofotomapa digital foi produzido a partir de fotografias aéreas digitais seccionadas em quadrículas de 4 x 5 km com resolução espacial de 0,5 m e resolução radiométrica RGB e Infravermelho Próximo obtidas pela DGRF entre Novembro de 2004 e Setembro de 2006 através de câmara fotográfica aérea digital (Voo IGP/DGRF).



dos eucaliptais, dos montados de sobre, dos matos e incultos e das galerias ripícolas na classe *Área Florestal* (Figura 4.4).



**Figura 4.4** – Carta do uso do solo da região de Alvega

## 4. Climas locais

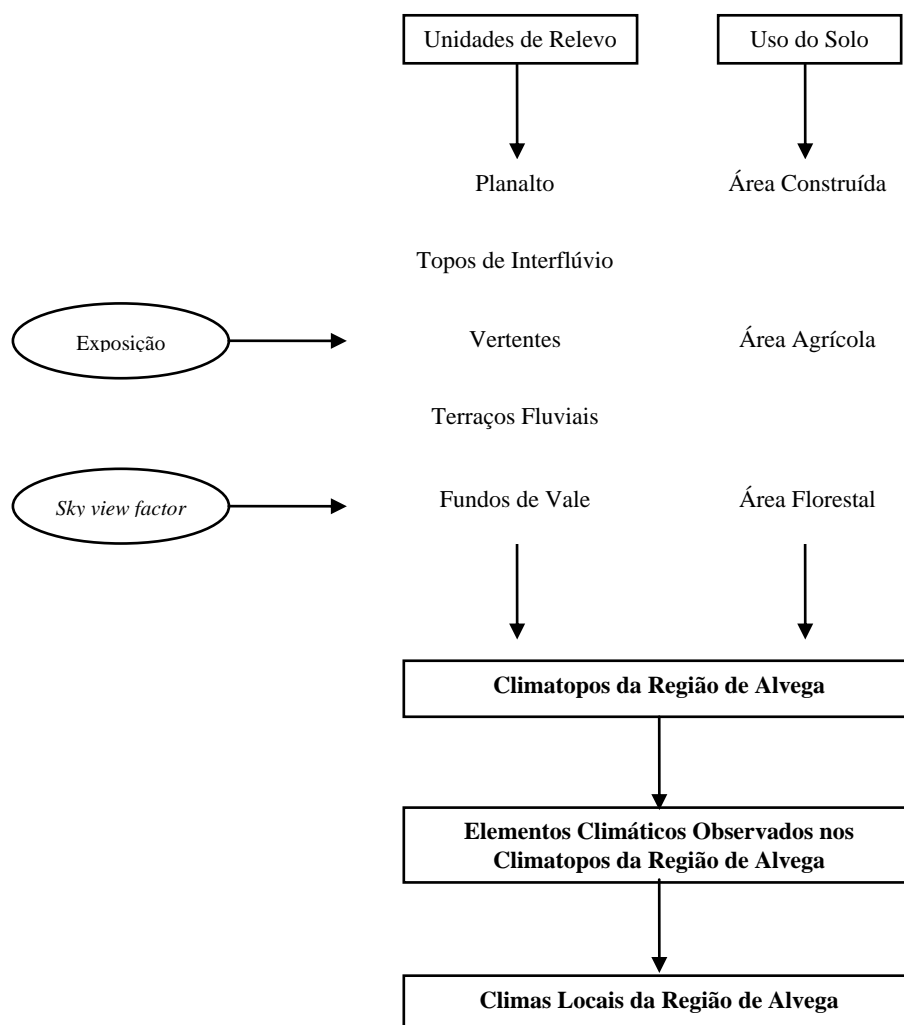
### 4.1 Introdução

As características dos climas locais resultam, essencialmente, da influência da topografia e das características da superfície terrestre (Alcoforado, 1993; Barry, 1994 e Geiger *et al.*, 1995). A influência da topografia pronuncia-se fundamentalmente através da forma como o declive e a orientação das vertentes vão condicionar a radiação solar incidente recebida pelas superfícies (Yoshino, 1975; Barry, 1994; Geiger *et al.*, 1995 e Oke, 1996). As características da superfície terrestre determinam a resposta desta aos fluxos radiativos e de calor com repercussões no clima.

A *Carta dos Climas Locais da Região de Alvega* elaborada em ambiente SIG (*software ArcGis* 9.3, ESRI) ilustra o modo como as características da superfície terrestre alteram o cariz climático das unidades resultantes do efeito da morfologia (Figura 4.6). O modo como tal se processa encontra-se explicado na Figura 4.5 bem como na legenda da carta dos climas locais (Figura 4.6).

Os climas locais da região de Alvega são assim caracterizados com base nos climatopos obtidos a partir de unidades de relevo classificadas por factores que reflectem comportamentos climáticos particulares às quais, se sobrepõe o uso do solo alterando o seu cariz climático. Além disso, observações meteorológicas realizadas nas áreas de influência dos respectivos climatopos permitiram validar algumas das características destes. Quando tal não foi possível, a caracterização realiza-se por interpretação com base no conhecimento de outros locais da região de Alvega.

Os climas locais são caracterizados com base nas variáveis climáticas temperatura média, amplitude térmica diurna, exposição ao vento, ocorrência de brisas de vertente, desenvolvimento de lagos de ar frio, arrefecimento radiativo nocturno e radiação solar de acordo com a metodologia desenvolvida em Mora (2006) e adaptada ao presente estudo. De modo a facilitar a compreensão das condições climáticas de cada unidade climática utiliza-se uma classificação relativa simples a qual, varia de *Baixo* a *Muito Alto*. A classificação do uso do solo indica a sua influência em cada variável climática variando de *Mais* (↑) a *Menos* (↓).



**Figura 4.5** – Esquema metodológico empregue na construção da carta dos climas locais da região de Alvega (Adaptado de Mora, 2010).



## 4.2 Características e distribuição dos climas locais

### 4.2.1 Planalto Construído, Planalto Agrícola e Planalto Florestal

A unidade climática *planalto* apresenta altitudes variáveis entre 152 e 299 m, declives quase sempre inferiores a 6° e uma superfície composta por áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais.

O *planalto* individualiza-se dos restantes climas locais pela sua temperatura média baixa e pela amplitude térmica diurna moderada. Esta unidade climática revela uma exposição ao vento muito alta no entanto, a ocorrência de brisas de vertente é baixa. Apesar do arrefecimento radiativo nocturno ser muito elevado, é baixo o desenvolvimento de lagos de ar frio neste clima local. A radiação solar é alta.

As áreas construídas no planalto aumentam a temperatura média e a amplitude térmica diurna ao passo que reduzem o arrefecimento radiativo nocturno e os lagos de ar frio neste gerando o clima local *planalto construído*. As áreas agrícolas no planalto reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna e a exposição ao vento ao passo que aumentam o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar neste originando o clima local *planalto agrícola*. As áreas florestais no planalto reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna, a exposição ao vento, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar neste dando origem ao clima local *planalto florestal*.

Observações efectuadas na área abrangida pelo *planalto* permitem definir uma média de 9.7 °C para o mês mais frio e uma média de 23.2 °C para o mês mais quente. Apenas em Janeiro a temperatura mínima absoluta é inferior a 0 °C no entanto, pode atingir valores de -1.4 °C neste mês. A temperatura máxima absoluta apresenta-se superior a 35 °C de Maio a Setembro podendo chegar aos 43.4 °C. Anualmente, a precipitação exprime quantitativos da ordem dos 746.1 mm. Domina o vento de Noroeste com uma velocidade média mensal de 4.2 m.s<sup>-1</sup> no entanto, este pode atingir velocidades da ordem dos 11.2 m.s<sup>-1</sup>.

### 4.2.2 Topos de Interflúvio Construídos, Topos de Interflúvio Agrícolas e Topos de Interflúvio Florestais

Os *topos de interflúvio* enquanto unidade climática abrangem os topos das colinas e as principais portelas e rechãs da área de estudo. Na área de influência desta unidade climática os declives são quase sempre inferiores a 10° e a superfície encontra-se ocupada por áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais.

Semelhantes aos climas locais de planalto, estes distinguem-se dos restantes pela baixa temperatura média e pela baixa amplitude térmica diurna que os caracteriza. Tal como os climas locais de planalto, estes revelam uma exposição ao vento muito alta no entanto, a ocorrência de brisas de vertente é baixa. O arrefecimento radiativo nocturno é muito elevado no entanto, o desenvolvimento de lagos de ar frio é baixo visto o ar frio se escoar para as áreas adjacentes mais baixas. É alta a radiação solar.

Nos topos de interflúvio, as áreas construídas aumentam a temperatura média e a amplitude térmica diurna ao passo que reduzem o arrefecimento radiativo nocturno neste dando origem ao clima local *topos de interflúvio construídos*. As áreas agrícolas reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna e a exposição ao vento ao passo que aumentam o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar neste originando o clima local *topos de interflúvio agrícolas*. As áreas florestais nos topos de interflúvio reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna, a exposição ao vento, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar neste originando o clima local *topos de interflúvio florestais*.

De acordo com as observações realizadas na área de influência dos climas locais supracitados, o mês mais frio manifesta temperaturas médias de 9.2 °C e o mês mais quente temperaturas de 22.9 °C. A temperatura mínima absoluta é inferior a 0 °C em Janeiro e Dezembro chegando a registar valores de -1.8 °C nestes meses. A temperatura máxima absoluta chega a atingir os 43.3 °C mantendo-se superior a 35 °C nos meses de Maio a Setembro. A precipitação apresenta valores da ordem dos 749.0 mm anuais. O vento de Oeste é dominante com uma velocidade média mensal de 3.8 m.s<sup>-1</sup> no entanto, este pode alcançar velocidades da ordem dos 13.4 m.s<sup>-1</sup>.

#### **4.2.3 Vertentes Construídas, Vertentes Agrícolas e Vertentes Florestais**

O climatopo *vertentes* apresenta essencialmente declives superiores a 15° e uma superfície composta por áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais. Esta unidade climática destaca-se entre as demais pela dimensão que ocupa na área de estudo.

O clima local *vertentes expostas a Norte* compreende vertentes com exposição entre Noroeste e Nordeste. Neste, a temperatura média é baixa bem como a amplitude térmica diurna. A radiação solar directa é baixa devido à exposição pouco favorável. Daqui resulta um balanço radiativo menos favorável traduzível em temperaturas da superfície e do ar mais baixas.

As *vertentes expostas a Este* enquanto clima local incluem vertentes com exposição entre Nordeste e Sudeste. Este apresenta uma média temperatura média e uma média amplitude térmica diurna. A radiação solar directa é média, sendo no entanto elevada de manhã, momento em que é atingida a temperatura máxima diária.

Incluindo as vertentes com exposição entre Sudeste e Sudoeste, o clima local *vertentes expostas a Sul* manifesta uma temperatura média e uma amplitude térmica diurna muito altas. A radiação solar directa é muito alta em virtude da exposição muito favorável. Em resultado, o balanço radiativo apresenta-se muito favorável traduzindo-se nas mais elevadas temperaturas da superfície e do ar dos climas locais de vertente e, das mais elevadas dos climas locais da região de Alvega.

O clima local *vertentes expostas a Oeste* incluem vertentes com exposição entre Sudoeste e Noroeste. Neste, a temperatura média e a amplitude térmica diurna são médias. Tal como no clima local *vertentes expostas a Este*, a radiação solar directa é média. Porém, esta é elevada à tarde, momento em que é atingida a temperatura máxima diária neste clima local. Como a radiação solar directa é máxima à tarde no clima local *vertentes expostas a Oeste*, as temperaturas máximas vão atingir valores superiores ao clima local *vertentes expostas a Este* uma vez que a humidade no solo é menor devido à evaporação durante o dia, despendendo-se menos energia na mudança de fase da água.

Nos climas locais de vertente a exposição ao vento é variável ao passo que a ocorrência de brisas de vertente é muito alta. O arrefecimento radiativo nocturno é médio porém, o desenvolvimento de lagos de ar frio é baixo.

As áreas construídas nas vertentes aumentam a temperatura média e a amplitude térmica diurna ao passo que reduzem as brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno e os lagos de ar frio nestas dando origem ao clima local *vertentes construídas*. As áreas agrícolas reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna e a exposição ao vento ao passo que aumentam as brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar nestes dando origem ao clima local *vertentes agrícolas*. Nas vertentes, as áreas florestais reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna, a exposição ao vento, as brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar nestas originando o clima local *vertentes florestais*.

#### **4.2.4 Fundos de Vale Construídos, Fundos de Vale Agrícolas e Fundos de Vale Florestais**

O climatopo *fundos de vale* localiza-se no fundo de vales abertos, mal drenados, com declives suaves quase sempre inferiores a 6° a altitudes variáveis entre 20 e 100 m sendo a sua superfície ocupada por áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais.

Os climas locais de fundo de vale registam temperaturas máximas superiores às registadas pelos climas locais das áreas de planalto e das áreas dos topos de interflúvio adjacentes devido à concentração da radiação solar reflectida e do calor emitido pelas vertentes. As temperaturas mínimas dependem da exposição ao vento. Em noites anticiclónicas poderão gerar-se brisas de

montanha e desenvolver-se lagos de ar frio nos fundos de vale. Os elevados valores de SVF revelados pelos fundos de vale abertos propiciam o arrefecimento radiativo nocturno contribuindo para o desenvolvimento dos referidos lagos de ar frio (arrefecimento *in situ*).

Os *fundos de vale* distinguem-se dos restantes climas locais pela sua temperatura média variável e pela amplitude térmica diurna elevada. Esta unidade climática revela uma exposição ao vento baixa no entanto, a ocorrência de brisas de vertente é elevada. Apesar do arrefecimento radiativo nocturno ser médio é elevado o desenvolvimento de lagos de ar frio nestes climas locais. É média a radiação solar.

Nos fundos de vale, as áreas construídas aumentam a temperatura média e a amplitude térmica diurna ao passo que reduzem o arrefecimento radiativo nocturno nestes dando origem ao clima local *fundos de vale construídos*. As áreas agrícolas nos fundos de vale reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna e a exposição ao vento ao passo que aumentam o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar destes originando o clima local *fundos de vale agrícolas*. As áreas florestais dos fundos de vale reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna, a exposição ao vento, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar destes dando origem ao clima local *fundos de vale florestais*.

Os climas locais de fundo de vale deverão apresentar condições térmicas sensivelmente mais intensas que as observadas nos climas locais de terraços fluviais. Observações efectuadas na área de influência dos climas locais de fundos de vale permitem referir precipitações da ordem dos 637.6 mm anuais. O rumo do vento nos climas locais de fundos de vale deverá apresentar-se condicionado pela orientação morfológica do terreno (canalização do vento). Em resultado da canalização do vento, a velocidade do vento nos climas locais de fundo de vale deverá ser mais intensa que nos restantes climas locais da região de Alvega.

#### **4.2.5 Terraços Fluviais Construídos, Terraços Fluviais Agrícolas e Terraços Fluviais Florestais**

Os *terraços fluviais* enquanto unidade climática localizam-se na base das vertentes alcandorados sobre os fundos de vale. A área de influência desta unidade climática apresenta-se plana (declives quase sempre inferiores a 6°) e, por vezes, mal drenada. A superfície encontra-se ocupada por áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais. Esta unidade climática apresenta temperaturas máximas superiores às áreas de planalto e topos de interflúvio e inferiores às áreas de fundos de vale adjacentes. As temperaturas mínimas dependem da exposição ao vento, pelo que em noites de céu limpo e vento fraco ou nulo poderão gerar-se brisas de montanha e desenvolver-se lagos de ar frio nos terraços fluviais. Os elevados valores

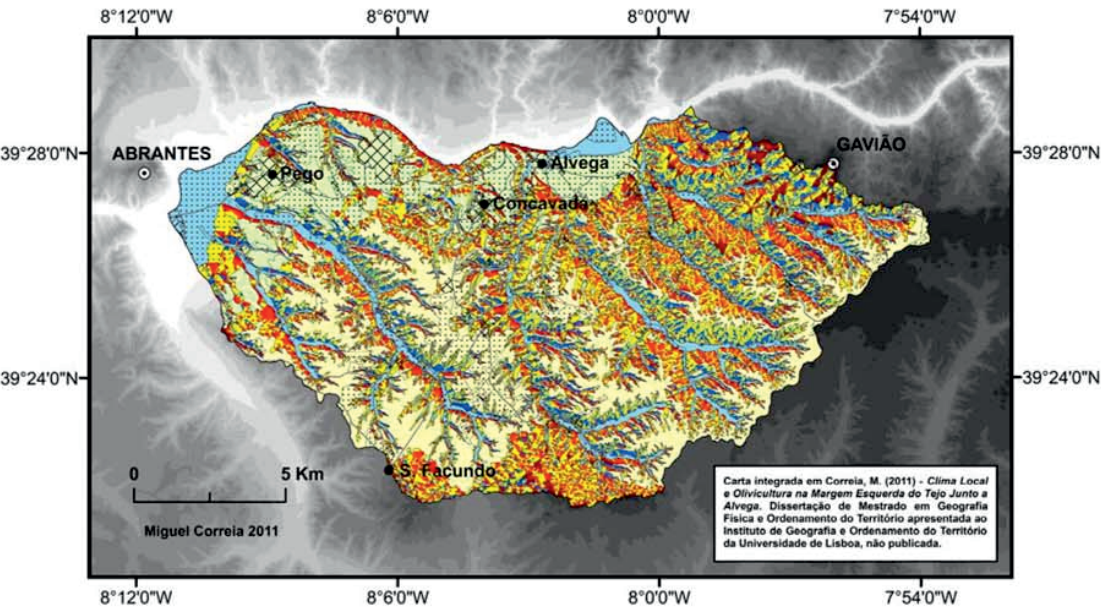
de SVF revelados pelos terraços fluviais propiciam o arrefecimento radiativo nocturno *in situ* contribuindo para o desenvolvimento dos referidos lagos de ar frio.

Os climas locais de terraços fluviais individualizam-se dos restantes por manifestarem uma temperatura média variável e uma elevada amplitude térmica diurna. Estes revelam uma média exposição ao vento no entanto, o desenvolvimento de brisas de vertente é elevado. O arrefecimento radiativo é médio bem como o desenvolvimento de lagos de ar frio nestes climas locais. É média a radiação solar.

As áreas construídas nos terraços fluviais aumentam a temperatura média e a amplitude térmica diurna ao passo que reduzem a intensidade das brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno e o desenvolvimento de lagos de ar frio nestes originando o clima local *terraços fluviais construídos*. Nos terraços fluviais as áreas agrícolas reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna e a exposição ao vento ao passo que aumentam a intensidade das brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar nestes dando origem ao clima local *terraços fluviais agrícolas*. As áreas florestais nos terraços fluviais reduzem a temperatura média, a amplitude térmica diurna, a exposição ao vento, a intensidade das brisas de vertente, o arrefecimento radiativo nocturno, os lagos de ar frio e a radiação solar nestes gerando o clima local *terraços fluviais florestais*.

De acordo com observações efectuadas na área de influência dos climas locais supramencionados, o mês mais frio manifesta temperaturas médias entre 9.3 e 9.4 °C e o mês mais quente temperaturas médias entre 23.8 e 24.2 °C. A temperatura mínima absoluta é inferior a 0 °C de Janeiro a Março e de Novembro a Dezembro chegando a registar valores entre -4.6 e -4.7 °C nestes meses. A temperatura máxima absoluta chega a atingir valores entre 44.5 e 45.8 °C permanecendo acima dos 35 °C nos meses de Maio a Setembro. Os quantitativos pluviométricos são da ordem dos 628.6 mm anuais. Domina o vento de Oeste com uma velocidade média mensal entre 3.3 e 3.9 m.s<sup>-1</sup> porém, este pode atingir velocidades entre 10.2 e 25.2 m.s<sup>-1</sup>.

Climas Locais da Região de Alvega



UNIDADES DE RELEVO E USO DO SOLO

UNIDADES DE RELEVO	Planalto	Planalto (1)			
	Topos de Interflúvio	Topos de Interflúvio (2)			
	Vertentes	Vertentes Expostas a Norte (3)	Vertentes Expostas a Este (4)	Vertentes Expostas a Sul (5)	Vertentes Expostas a Oeste (6)
	Fundos de Vale	Fundos de Vale (7)			
	Terraços Fluviais	Terraços Fluviais (8)			
USO DO SOLO		Área Construída (9)	Área Agrícola (10)	Área Florestal (11)	

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS POTENCIAIS DOS CLIMATOPOS

Unidades de Relevo	Temperatura Média	Amplitude Térmica Diurna	Exposição ao Vento	Brisas de Vertente	Lago de Ar Frio	Arrefecimento Radiativo - Noite	Radiação Solar
1	•	••	••••	•	•	••••	•••
2	•	••	••••	•	•	••••	•••
3	•	•	+/-	••••	•	••	•
4	••	••	+/-	••••	•	••	••
5	••••	••••	+/-	••••	•	••	••••
6	••	••	+/-	••••	•	••	••
7	+/-	•••	•	•••	•••	••	••
8	+/-	•••	••	•••	••	••	••

Uso do Solo	Temperatura Média	Amplitude Térmica Diurna	Exposição ao Vento	Brisas de Vertente	Lago de Ar Frio	Arrefecimento Radiativo - Noite	Radiação Solar
9	+	+	+/-	-	-	-	=
10	-	-	-	+	+	+	+
11	-	-	-	-	-	-	-

- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito Alto
- +/- Variável
- + Aumento
- = Indiferente
- Redução

CLIMATOPOS EXISTENTES NA REGIÃO DE ALVEGA

Unidades de Relevo		Área Construída				Uso do Solo				Área Agrícola				Área Florestal			
	Planalto	Planalto Construído (1)				Planalto Agrícola (2)				Planalto Florestal (3)							
	Topos de Interflúvio	Topos de Interflúvio Construídos (4)				Topos de Interflúvio Agrícolas (5)				Topos de Interflúvio Florestais (6)							
	Vertentes	Vertentes Construídas Expostas a Norte (7)	Vertentes Construídas Expostas a Este (8)	Vertentes Construídas Expostas a Sul (9)	Vertentes Construídas Expostas a Oeste (10)	Vertentes Agrícolas Expostas a Norte (11)	Vertentes Agrícolas Expostas a Este (12)	Vertentes Agrícolas Expostas a Sul (13)	Vertentes Agrícolas Expostas a Oeste (14)	Vertentes Florestais Expostas a Norte (15)	Vertentes Florestais Expostas a Este (16)	Vertentes Florestais Expostas a Sul (17)	Vertentes Florestais Expostas a Oeste (18)				
	Fundos de Vale	Fundos de Vale Construídos (19)				Fundos de Vale Agrícolas (20)				Fundos de Vale Florestais (21)							
	Terraços Fluviais	Terraços Fluviais Construídos (22)				Terraços Fluviais Agrícolas (23)				Terraços Fluviais Florestais (24)							

ELEMENTOS CLIMÁTICOS OBSERVADOS NOS CLIMATOPOS EXISTENTES NA REGIÃO DE ALVEGA: CLIMAS LOCAIS

















Climas Locais	Características Climáticas									
	Média do Mês Mais Quente	Média do Mês Mais Frio	Mínima Absoluta	Temperatura (°C)		Meses com T Mínima Abs.< 0 °C	Meses com T Máxima Abs.> 35 °C	Precipitação (mm)	Vento (m.s <sup>-1</sup> )	
				Máxima Absoluta				Total Anual	Rumo Dominante	Velocidade Média Mensal
	23.2	9.7	- 1.4	43.4	Janeiro	Maio a Setembro	746.1	NW	4.2	11.2
										
										
	22.9	9.2	- 1.8	43.3	Janeiro e Dezembro	Maio a Setembro	749.0	W	3.8	13.4
										
										
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	637.6	-	-	-
										
										
	23.8 a 24.2	9.3 a 9.4	- 4.6 a - 4.7	44.5 a 45.8	Janeiro a Março e Novembro a Dezembro	Maio a Setembro	628.6	W	3.3 a 3.9	10.2 a 25.2
										
										
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										
										

Figura 4.6 – Carta dos climas locais da região de Alvega. Sistema de Projecção Hayford-Gauss, Datum Lisboa. Base Topográfica: Carta Militar de Portugal 1: 25 000, Folhas 321, 322, 323, 331, 332, 333, 343, 344, 345, Instituto Geográfico do Exército (Formato Digital).

## CAPITULO V

### *Potencialidades Olivícolas dos Climas Locais*

#### 1. Introdução

Desde a introdução da oliveira na região mediterrânea, que se estabeleceu uma estreita relação entre ambas, a qual se encontra bem patente nas seguintes palavras dos editores científicos da obra *El Cultivo del Olivo*: “El olivar ha sido y es el sistema agrícola productor de aceite por excelencia del Área Mediterránea. Su antigüedad y tradición han configurado una tecnología esencialmente empírica en la que la adaptación de la planta a la sequía estival, la longevidad de la especie, la ocupación progresiva de suelos marginales y frágiles, la fuerte concentración de la demanda laboral durante la recolección, la irregularidad de la cosecha anual, la baja productividad y la obtención de un producto apreciado se cuentan entre sus características distintivas” (Barranco *et al.*, 2008).

O cultivo da oliveira para fins comerciais apresenta como principal objectivo a rentabilidade económica (sendo esta directamente proporcional à diferença entre o valor da produção e os gastos do cultivo realizados). Uma vez que a implantação de olival constitui um investimento a longo prazo torna-se pertinente “(...) realizar los estudios previos necesarios para conocer aspectos de la variedad a emplear, el suelo y el clima que pueden condicionar la rentabilidad de la plantación.” (Barranco *et al.*, 2008); neste estudo dá-se particular ênfase ao clima e suas eventuais condicionantes. Refira-se que historicamente a climatologia local foi desenvolvida “(...) in response to increasing demand for agricultural production through agroclimatological knowledge” (Yoshino, 1997). O objectivo deste capítulo é avaliar as potencialidades climáticas locais à prática da olivicultura na região de Alvega. A referida avaliação tem por base a análise da distribuição espacial dos principais elementos climáticos condicionantes da olivicultura, nomeadamente a radiação solar, a temperatura (diurna e nocturna), a insolação, a precipitação e o vento bem como a avaliação da frequência de ocorrência dos principais acidentes agroclimáticos da olivicultura na região de Alvega. Deste modo, o potencial olivícola da região de Alvega é determinado com base no cruzamento de informação referente à aptidão climática e à susceptibilidade aos acidentes agroclimatológicos da olivicultura na escala local. A susceptibilidade é definida com base na frequência de ocorrência dos acidentes agroclimáticos da olivicultura. Para o efeito, utilizam-se os registos de vários elementos climáticos publicados no *Anuário Climatológico de Portugal*, editados pelo Instituto de Meteorologia, no período máximo de 1948 a 1988 referentes à estação de Alvega. Recorre-se ainda a outras publicações do Instituto de Meteorologia como o fascículo *O Clima de Portugal* e, a alguma da cartografia



desenvolvida em capítulos anteriores. Os requisitos climáticos da olivicultura são apresentados *à priori* estando subjacentes ao processo de definição das potencialidades climáticas locais à olivicultura na região de Alvega.

A presente análise climática das potencialidades da olivicultura realizada à escala local pretende constituir um suporte de conhecimento útil ao ordenamento agrícola da região de Alvega. A metodologia de avaliação do potencial climático local para a olivicultura na região de Alvega desenvolvida ao longo deste capítulo visa a aplicação a outros locais e a outras culturas agrícolas.

## **2. Requisitos climáticos da olivicultura**

A oliveira é, por excelência, a cultura do clima mediterrânico, a ponto de, para alguns autores, servir para o delimitar. Assim, o cultivo de olival é típico de áreas abrangidas por este clima caracterizado por Invernos frios e húmidos e Verões quentes e secos (Barranco *et al.*, 2008).

Em termos térmicos, para que a oliveira tenha boas produções, a temperatura máxima não deverá ultrapassar 45 °C à sombra e, a mínima não deverá ser inferior a -5 °C (Gomes, 1979). A temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo da oliveira situa-se entre 15 e 30 °C. Acima de 35 °C, a oliveira começa a regular a sua temperatura através do fecho de estomas reduzindo o processo fotossintético a taxas de 70 a 80 % do normal quando se atinge os 40 °C (Barranco *et al.*, 2008).

As fruteiras (nas quais se inclui a oliveira) caracterizam-se por apresentarem um endurecimento provocado pela acção dos frios progressivos do Outono e por entrarem em repouso vegetativo no qual, resistem a temperaturas inferiores a 0° C; das referidas fruteiras, a oliveira destaca-se pela sensibilidade ao frio (Barranco *et al.*, 2008). Mariano Feio (1991) considera que as “(...) baixas temperaturas constituem o limite mais constringente”, embora a oliveira apresente elevada capacidade de adaptação ao frio a qual, depende da duração das baixas temperaturas e da brusquidade com que estas se geram, como refere Pisek e Schiesel (1947, *Cit. in*, Feio, 1991) as “(...) árvores têm bastante capacidade de adaptação ao frio, de modo que, se as temperaturas baixas vêm de repente, há prejuízos a partir dos 5° negativos, mas se há uma fase de adaptação de alguns dias, os prejuízos sentem-se apenas a cerca de -12° C; cerca de 2° mais abaixo, os prejuízos são graves”. Estes prejuízos apresentam diferenças substanciais consoante a idade e variedade da árvore (Feio, 1991).

De acordo com Barranco *et al.* (2008) durante o período de vernalização as baixas temperaturas podem ser divididas em três categorias em consequência dos danos que provocam: a primeira, entre os 0° C e os -5° C, provoca pequenas feridas nos gomos e ramos de tenra idade ficando mais expostas aos ataques de pragas e doenças; a segunda, entre os -5° C e os -10° C provoca



danos maiores que a anterior nos gomos e ramos de tenra idade os quais, podem chegar à morte dos mesmos; por último, segundo Sibbett e Osgood (1994, *Cit. in* Barranco *et al.* (2008) temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$  provocam a “(...) muerte de ramas de gran tamaño e incluso de toda la parte aérea”. Guerrero García (2005) também refere os  $10^{\circ}\text{C}$  negativos como limite de resistência da oliveira quando em período de vernalização e adverte para o caso de repouso incompleto (Inverno suave) o qual, se traduz num acréscimo de sensibilidade às baixas temperaturas quando estas diminuem posteriormente.

Barranco *et al.* (2008) consideram que, durante o período de crescimento e maturação do fruto, a ocorrência de temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  provocam quebra de produção e diminuição de qualidade do azeite. Ainda segundo o mesmo autor, quando a árvore está nas primeiras fases do seu ciclo vegetativo, por um lado, temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  podem provocar sérios danos nos gomos (morte das gemas e folhas recém formadas) por outro, temperaturas sensivelmente superiores a  $0^{\circ}\text{C}$  podem provocar uma formação incompleta da flor afectando a floração.

A maior ou menor duração das baixas temperaturas bem como a brusquidade com que estas se geram conduz respectivamente à maior ou menor intensidade dos danos anteriormente referidos, não sendo mesmo aconselhável a implantação de olivais em áreas onde se registem com frequência temperaturas abaixo das nomeadas (Barranco *et al.*, 2008).

A oliveira, tal como as demais fruteiras, apresenta a seguinte exigência térmica na qual, segundo Hartmann (1953, *Cit. in* Guerrero García, 2005) “(...) a floração e a frutificação mantêm uma relação com o número de horas de frio por que passa a oliveira”. Também referida por Feio (1991) como uma “(...) necessidade de temperaturas baixas, para se dar a vernalização e frutificar”. Ainda que possam existir diversas teorias e interpretações acerca da definição de “dias com acção vernalizante”, faz-se aqui referência ao trabalho realizado por Denney e McEachern (1983, *Cit. in* Feio, 1991) no qual, se demonstra que os referidos dias “(...) devem ter temperaturas mínimas entre  $0^{\circ}$  e  $12,5^{\circ}\text{C}$ , mas com a condição de a máxima respectiva estar compreendida entre  $12,5^{\circ}$  e  $21^{\circ}$ ; máximas mais elevadas impedem a vernalização nesse dia”. O número dos referidos dias, necessários para se obter boa produção não é bem conhecido (Feio, 1991) mencionando o autor apenas valores superiores à centena para as áreas olivícolas mediterrâneas; no entanto, acerca das condições de vernalização em Portugal Continental refere que “(...) são largamente satisfeitas”. Ainda acerca desta relação (quantidade de frio e produção) Hartmann e Porlingis (1957, *Cit. in* Guerrero García, 2005) referem que o “número de horas de frio requeridas para uma floração máxima varia de acordo com a variedade”.

Os requisitos hídricos da oliveira dependem de uma série de factores climáticos (vento, temperatura e humidade relativa) e de cultivo (densidade de plantio, desenvolvimento da planta e características das folhas). Em termos de necessidades hídricas, a oliveira é uma espécie adaptada às condições de seca; porém, o seu crescimento e a sua produção é reduzida ou quase nula. O limite mínimo de precipitação para a obtenção de boas produções é de 300 a 400 mm

anuais (Feio, 1991). Milheiro (1992) considera que “pode ser cultivada em regiões de pluviosidade muito baixa da ordem dos 200-250 mm por ano embora só se registem produções elevadas em regiões com quedas pluviométricas superiores a 500 mm”. Barranco *et al.* (2008) consideram necessário 700 a 1200 mm de água ao longo do ano para a obtenção de boas produções; no entanto, advertem que o manejo da irrigação deve ser cuidadoso uma vez que a oliveira é muito sensível à asfixia radicular.

Condições de humidade excessiva e permanente bem como fenómenos de neblina e/ou nevoeiro são prejudiciais à oliveira, principalmente as que se produzem durante o período de floração, uma vez que favorecem o desenvolvimento de doenças, especialmente as causadas por fungos (INIA, 2001).

A oliveira, enquanto planta heliófita, necessita de bastante luminosidade uma vez que a luz favorece a produção de assimilados nas axilas das folhas contribuindo directamente para a formação de flores e consequentemente para a produção de azeitona.

Por último, refira-se que ventos fortes podem causar danos mecânicos à oliveira tais como, quebra de ramos e derrube de árvores. Além disso, ventos regulares e secos, sobretudo se acompanhados de temperaturas elevadas, produzem uma desidratação da vegetação. Este efeito é particularmente prejudicial na oliveira durante a floração provocando um aborto ovário generalizado e uma consequente quebra acentuada de produção (Guerrero García, 2005).

### **3. Condições climáticas favoráveis/limitantes à olivicultura**

Os mecanismos fisiológicos das plantas são fundamentais nas reacções e adaptações ao clima e seria preciso conhecê-los bem para compreender estas inter-relações. Surgem todavia grandes dificuldades. As plantas devem ser compreendidas não apenas como espécies, mas também como variedades e até ecotipos; as relações delas com cada um dos aspectos do ambiente exterior, embora conhecidos em muitos casos, só o são em número limitado em relação à enorme complexidade da natureza (Feio, 1991). Limitamo-nos, por isso, a alguns aspectos mais importantes, para exemplificar a complexidade das relações e demonstrar a importância de alguns elementos climáticos nas relações fisiológicas da oliveira.

### 3.1 Radiação solar

#### 3.1.1 Fundamento teórico na construção do modelo de radiação solar directa potencial

O modelo de radiação solar directa potencial é, por vezes, substituído por modelos de exposição de vertentes em virtude da sua maior facilidade de modelação e da sua maior divulgação. À escala local a que é desenvolvido o presente estudo, os modelos de exposição de vertentes não são os mais adequados por não traduzirem o efeito de sombra originário nas formas de relevo adjacentes nem quantificarem a quantidade de energia recebida no local. Como tal, o modelo criado para avaliar a intensidade de radiação directa recebida, pretende relacionar a forma e orientação da orografia da área em estudo com a radiação solar directa potencial. Considera-se potencial por se referir exclusivamente à radiação directa recebida em condições atmosféricas ideais e não entrar em conta com a radiação difusa nem com factores como a nebulosidade ou nevoeiro. Porém, se considerarmos longos períodos temporais e perante a inexistência de fenómenos meteorológicos inibidores com regularidade, um modelo médio de radiação solar permite mostrar, com bastante rigor, as assimetrias de radiação recebida numa área, considerando que, à escala regional esta deriva, essencialmente, das características morfológicas do terreno.

Subjacente à construção de modelos de interacção da radiação solar com a superfície terrestre está a geometria entre uma determinada posição do Sol e o relevo da área de estudo.

A lei do coseno da iluminação permite calcular a quantidade de radiação que atinge um determinado local num determinado período de tempo (ver capítulo II). O valor da radiação solar deve ainda, entrar em conta com os efeitos de atenuação da atmosfera causados pela presença de partículas em suspensão e gases e, pela distância que os raios solares têm de percorrer, sendo esta distância variável de acordo com a altura do Sol em relação ao horizonte.

Por último, refira-se que o valor obtido é válido apenas para uma superfície plana, não entrando em conta com a geometria do terreno.

A relação dos raios solares com a morfologia do terreno é introduzida pela consideração do ângulo de incidência entre a normal da vertente e os raios solares (ver capítulo II).

A quantidade de radiação solar potencial recebida em cada vertente é, por conseguinte, o resultado do produto do ângulo de incidência com a radiação potencial na normal do plano horizontal (ver capítulo II).

Porém, a relação supracitada representa somente o efeito de sombra (quando ocorre) por auto-ocultamento, ou seja, o efeito de sombra gerado pela própria célula, não considerando o ocultamento com origem em unidades de relevo adjacentes (Felicíssimo, 1994).

### 3.1.2 Variáveis de base

A radiação solar constitui um dos elementos climáticos condicionantes à olivicultura assumindo um interesse particular a modelação do seu potencial na região de Alvega. A *Carta da Radiação Solar Directa Potencial da Região de Alvega* (Figura 5.1) deriva do *Modelo Digital do Terreno da Região de Alvega* criado em ambiente SIG (*software ArcGis 9.3*, ESRI) e posteriormente manipulado em ambiente SIG (*software SagaGis 2.0.4*, Open Source) “(...) pelo que a sua correcta criação se reveste de extrema importância, diminuindo a propagação de erros e permitindo obter resultados mais precisos, como tem sido posto em evidência por vários autores” (Felicíssimo, 1994 e Reis, 1996).

### 3.1.3 Carta da radiação solar directa potencial

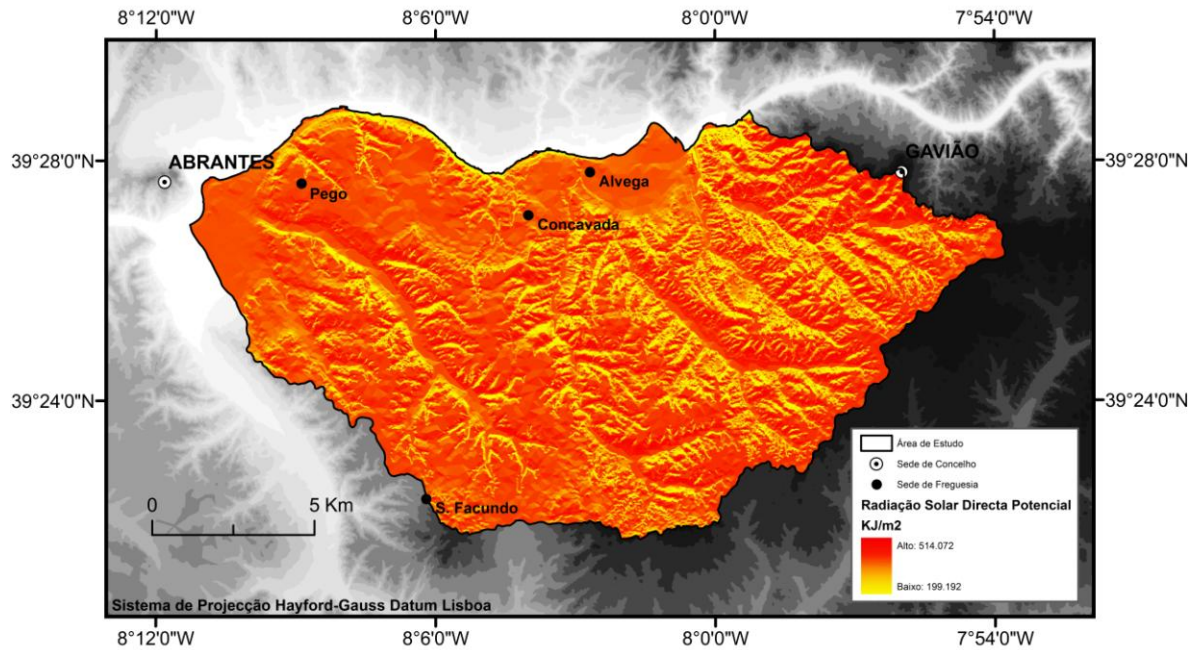
A radiação solar directa é responsável pela natureza e quantidade de energia recebida num determinado local, constituindo alguns dos elementos mais importantes do clima olivícola, porque o local de implantação de um olival deve oferecer uma boa exposição aos raios solares e boas condições de luminosidade ao longo de todo o ano, como condição indispensável a uma eficaz realização da fotossíntese. A radiação solar directa depende da latitude, da época do ano, da nebulosidade e da ocultação do horizonte pelos obstáculos.

A *Carta da Radiação Solar Directa Potencial da Região de Alvega* (Figura 5.1) para o período de Maio a Junho (período em que decorre uma das mais importantes fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira, a floração) foi construída em ambiente SIG através do *software SagaGis 2.0.4* (Open Source) que contem o módulo de cálculo de modelos de sombra. A região de Alvega apresenta um potencial de radiação solar directa para o período de Maio a Junho variável entre 199.192 e 514.072 KJ/m<sup>2</sup> (Figura 5.1). No entanto, o potencial da radiação solar directa manifesta contrastes espaciais acentuados na região de Alvega. Deste modo, as áreas de vertentes expostas a Sul e a Oeste, planalto, topos de interflúvio e terraços fluviais apresentam um elevado potencial, as áreas de fundo de vale manifestam um médio potencial e as áreas de vertentes expostas a Este e a Norte apresentam baixo potencial (Figura 5.1).

## 3.2 Temperatura

### 3.2.1 Temperatura diurna e ciclo vegetativo da oliveira

A oliveira apresenta um ciclo vegetativo anual. Deste modo, no enceto da Primavera, nomeadamente nos meses de Março e Abril, a oliveira sai da vernalização (repouso vegetativo)



**Figura 5.1** – Carta da radiação solar directa potencial (média diária de Maio a Junho) da região de Alvega.

desencadeando a germinação, caracterizando-se esta pelo surgir de novos rebentos terminais e aparecimento de gomos axilares. Em Maio-Junho dá-se a floração e, ocorrendo a polinização, segue-se o vingamento do fruto. O endurecimento do caroço tem lugar nos meses de Julho-Agosto e, a partir de então até Outubro, os frutos vão engrossando até atingirem o seu tamanho normal. O amadurecimento do fruto ocorre a partir de Outubro estando a duração deste período relacionada com a variedade em questão. Enquanto decorre o Inverno, a oliveira ingressa na fase invernal ou vernalização (repouso vegetativo) da qual só volta a sair no início da Primavera seguinte, prosseguindo o novo ciclo vegetativo (Guerrero García, 2005).

Bettencourt (1972) define fenologia como “(...) o ramo da ciência que relaciona o clima com os fenómenos naturais e periódicos que se verificam na vida das plantas (...)” advertindo que estes “(...) podem ser visíveis ou latentes. Os fenómenos visíveis são os que podem ser observados a olho nu ou medidos por instrumentos e os fenómenos latentes são aqueles que não podem ser observados a olho nu nem medidos directamente por instrumentos mas podem ser determinados por meios anatómicos e bioquímicos.”. Jaraquemada (1977) adverte para o facto de que a fenologia “tiene cada día mayor importancia.” pelo que o conhecimento das fases fenológicas, ou seja, “(...) las diferentes fases del olivo a lo largo de su ciclo anual.” (<http://www.infolivo.com>) assume particular relevância na olivicultura (Figura 5.2). Ao definir a fase fenológica deve considerar-se a fase prevalente, uma vez que a evolução dos órgãos na oliveira não se realiza simultaneamente dentro duma plantação, nem sequer dentro duma mesma árvore (<http://www.infolivo.com>).

**A - Invernal ou Vernalização**



Durante o período de vernalização (repouso vegetativo) as gemas de Inverno têm o pedúnculo curto, são agudas e estão completamente fechadas. Ao arrancar uma folha, esta desprende-se pela base do pedúnculo, deixando a incisão com um dano mínimo.

**B - Abrolhamento**



As gemas de flor iniciam a actividade, engrossam, o pedúnculo alarga-se e inicia-se a formação do ramo floral. Se, por acaso se arranca uma folha, o pedúnculo arrasta parte da pele do ramo e às vezes a gema.

**C, D-I, D-II, E - Aparecimento das Inflorescências**



**C - Formação do Ramo Floral:** o ramo floral fica totalmente formado, no final as brácteas abrem-se e deixam ver o cálice.



**D-I - Formação e predomínio da Corola:** o botão floral dilata-se, o cálice abre-se e começa a ver-se a corola, que chega a ser maior que o cálice.



**D-II - A Corola muda de cor:** o botão floral continua a aumentar de tamanho e a corola passa de verde a branco amarelado.

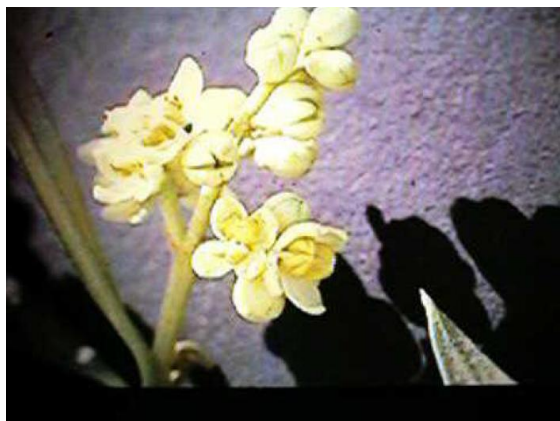


**E - Aparecem os Estames:** o botão floral continua a dilatar, a corola começa a abrir-se, podendo ver-se os estames no fundo.

**Figura 5.2** – Caracterização ilustrada das fases fenológicas do ciclo vegetativo da oliveira  
(Fonte: <http://www.infolivo.com>).



## F - Floração



**F-I - Início da Floração:** aparecem as primeiras flores completamente abertas.



**F-II - Plena Floração:** a maioria das flores está aberta existindo abundante pólen no ar.

## G - Fecundação



O ovário fecundado aumenta de tamanho aparecendo claramente a azeitona endurecida. As pétalas murcham e caem.

## H - Endurecimento do Caroço



O fruto tenro cresce e, próximo de metade do seu tamanho começa a lenhificar-se o caroço apresentando resistência ao corte.

## I - Amadurecimento



O fruto alcança o seu tamanho normal e, por zonas, começa a mudar de cor, de verde para violeta, a qual, se estende até todo o fruto ter a mesma cor.

## J - Maturação do Fruto



A azeitona tem uma cor escura até à plena maturação, na qual, é quase negra, podendo então desprender-se do pedúnculo. Inicia-se a vernalização.

Nota: As fotografias presentes no sítio <http://www.infolivo.com> são de Juan José Jiménez (Perito Agrícola) e de José Fernando Prieto Cid.

**Figura 5.2** – Caracterização ilustrada das fases fenológicas do ciclo vegetativo da oliveira (Cont.)

(Fonte: <http://www.infolivo.com>).

No intuito de abordar apenas algumas ideias relativas à fenologia da oliveira na região de Alvega a partir da sua vertente meteorológica procedeu-se ao cálculo das datas médias de início das fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira nos diversos climas locais da região de Alvega (Quadro 5.1). Reconhece-se *à priori* as limitações das referidas datas; no entanto crê-se que à luz da inexistência de resultados sobre este tema na região de Alvega, sobretudo como visão de conjunto, pode ser útil aos agricultores interessados nos diversos aspectos da olivicultura. Adverte-se para o facto de que considerar “as temperaturas no abrigo, sempre à sombra e a determinada altura do solo, e não na planta, é uma aproximação grosseira; o aumento de temperatura por causa da incidência directa do Sol é muito importante, bem como o arrefecimento junto do solo nas noites frias” (Feio, 1991). Refira-se que as datas médias apresentadas no Quadro 5.1 se reportam à oliveira em geral e não a uma variedade em particular.

Climas Locais da Região de Alvega	Estação Meteorológica	Altitude (m)	Datas Médias de Início das Fases Fenológicas da Oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.)				
			Abrolhamento	Inflorescências	Floração	Fecundação	Maturação do Fruto
<i>Planalto</i>	<i>S. Facundo</i>	209	2 de Fevereiro	2 de Abril	11 de Maio	14 de Junho	1 de Dezembro
<i>Topos de Interflúvio</i>	<i>Gavião</i>	280	2 de Fevereiro	5 de Abril	14 de Maio	17 de Junho	20 de Dezembro
<i>Vertentes Expostas a Norte</i>	-	-	As datas médias deverão registar um ligeiro atraso relativamente aos restantes climas locais.				
<i>Vertentes Expostas a Este</i>	-	-	As datas médias deverão registar um ligeiro atraso relativamente aos restantes climas locais à excepção dos climas locais das vertentes expostas a Norte.				
<i>Vertentes Expostas a Sul</i>	-	-	As datas médias deverão registar uma ligeira precocidade relativamente aos restantes climas locais à excepção dos climas locais das vertentes expostas a Oeste.				
<i>Vertentes Expostas a Oeste</i>	-	-	As datas médias deverão registar uma ligeira precocidade relativamente aos restantes climas locais.				
<i>Terraços Fluviais</i>	<i>CTP</i>	109.763	26 de Janeiro	29 de Março	6 de Maio	10 de Junho	13 de Novembro
	<i>Pego</i>	93	26 de Janeiro	30 de Março	6 de Maio	10 de Junho	16 de Novembro
<i>Fundos de Vale</i>	-	-	As datas médias deverão registar uma ligeira precocidade relativamente aos restantes climas locais à excepção dos climas locais das vertentes expostas a Sul e a Oeste.				

**Quadro 5.1** – Datas médias de início das fases fenológicas da oliveira nos climas locais da região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).

Subjacente ao cálculo das datas médias de início das fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira encontra-se o conceito de Graus-Dia (GD) de crescimento o qual, corresponde ao “(...) número de graus que se acumulam durante determinado período e que sejam úteis para as plantas” (Feio, 1991). Torna-se assim necessário estabelecer uma temperatura de base ou limiar de vegetação activa ou zero da actividade vital abaixo da qual, esta actividade praticamente se suspende (Feio, 1991). De acordo com Francolini (*Cit. in* Jaraquemada, 1977), considera-se para a oliveira a temperatura-base de 10 °C. Deste modo, o número de graus de crescimento do dia resulta da subtracção da temperatura-base da cultura à temperatura média do dia. Somam-se, assim, os valores de todos os dias do período que se quer considerar. As temperaturas médias inferiores à temperatura-base são eliminadas, ou seja, considera-se o valor zero para esse dia (Feio, 1991). Deste modo, começam-se a considerar as temperaturas médias diárias quando estas manifestam um valor igual ou superior a 10 °C (temperatura à qual se interrompe o



repouso vegetativo da oliveira) durante dez dias consecutivos. No cálculo das datas médias de início das fases fenológicas da oliveira foram tidos em consideração “(...) os aspectos relativos ao escaldão, pois temperaturas demasiado elevadas não são favoráveis para a planta” (Feio, 1991). De acordo com Francolini (*Cit. in* Jaraquemada, 1977), para a oliveira o limite acima do qual não se contabilizam as temperaturas é de 35 °C. Os limiares (a partir do início da actividade vegetativa) das temperaturas acumuladas nas distintas fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira empregues na presente investigação são os propostos por Francolini (Quadro 5.2), uma vez que o seu critério é seguido pelos autores espanhóis mais conhecidos.

Limiares - GD (°C)	Fases Fenológicas da Oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.)
0	Abrolhamento
750	Aparecimento das Inflorescências
1300	Floração
1960	Fecundação
5260	Maturação do Fruto

**Quadro 5.2** – Limiares em Graus-Dia (GD) de ocorrência das fases fenológicas da oliveira segundo Francolini (*Cit. in* Jaraquemada, 1977)

Na região de Alvega, o abrolhamento deverá ter início no dia 26 de Janeiro nos terraços fluviais (CTP e Pego) e, no dia 2 de Fevereiro, no planalto (S. Facundo) e nos topos de interflúvio (Gavião), datas médias em que as temperaturas acumuladas alcançam, respectivamente, 10.6 °C, 10.6 °C, 10.7 °C, 10.6 °C, valores estes superiores aos 0 °C do limiar para início desta fase fenológica (Quadros 5.1 e 5.2). As inflorescências deverão aparecer entre os dias 29 e 30 de Março nos terraços fluviais (CTP e Pego, respectivamente), no dia 2 de Abril no planalto (S. Facundo) e, no dia 5 de Abril nos topos de interflúvio (Gavião), datas médias em que as temperaturas acumuladas atingem, respectivamente, 755.9 °C, 763.1 °C, 753.3 °C, 752.8 °C, primeiras datas em que se atingem valores estes superiores aos 750 °C do limiar para início desta fase fenológica (Quadros 5.1 e 5.3). O início da floração deverá ter lugar no dia 6 de Maio nos terraços fluviais (CTP e Pego), no dia 11 de Maio no planalto (S. Facundo) e, no dia 14 de Maio nos topos de interflúvio (Gavião), datas médias em que as temperaturas acumuladas alcançam, respectivamente, 1304.6 °C, 1300.9 °C, 1304.7 °C, 1304.5 °C, valores estes superiores aos 1300 °C do limiar para início desta fase fenológica (Quadros 5.1 e 5.2). A fecundação deverá ocorrer no dia 10 de Junho nos terraços fluviais (CTP e Pego), no dia 14 de Junho no planalto (S. Facundo) e, no dia 17 de Junho nos topos de interflúvio (Gavião), datas médias em que as temperaturas acumuladas alcançam, respectivamente, 1971.2 °C, 1967.1 °C, 1962.8 °C, 1978.9 °C, valores estes superiores aos 1960 °C do limiar para início desta fase fenológica (Quadros 5.1 e 5.2). Por fim, o fruto atingirá a maturação entre o dia 13 e o dia 16 de Novembro nos terraços fluviais (CTP e Pego), no dia 1 de Dezembro no planalto (S. Facundo) e, no dia 20 de Dezembro nos topos de interflúvio (Gavião), datas médias em que as temperaturas

acumuladas atingem, respectivamente, 5269.6 °C, 5265.7 °C, 5264.9 °C, 5261.3 °C, valores estes superiores aos 5260 °C do limiar para início desta fase fenológica (Quadros 5.1 e 5.2). Deste modo, a oliveira necessita de 5260 °C desde o final da vernalização até entrar novamente em repouso vegetativo para realizar as referidas fases fenológicas do ciclo vegetativo anual. Por se considerar de interesse, calculou-se o intervalo (em dias) entre as fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira na região de Alvega (Quadro 5.3) com base nas datas médias de início das fases fenológicas anteriormente calculadas (Quadro 5.1).

Climas Locais na Região de Alvega	Estação Meteorológica	Intervalos (em dias) das Fases Fenológicas da Oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.)					
		Vernalização	Abrolhamento	Inflorescências	Floração	Fecundação	Maduração do Fruto
<b>Planalto</b>	<i>S. Facundo</i>	63	60	39	34	170	
<b>Topos de Interflúvios</b>	<i>Gavião</i>	44	63	39	34	186	
<b>Vertentes Expostas a Norte</b>	-	Os intervalos (em dias) deverão ser ligeiramente inferiores aos registados nos climas locais das vertentes expostas a Este entre a vernalização e o abrolhamento, entre o abrolhamento e o aparecimento das inflorescências e entre a floração e a fecundação e, ligeiramente superiores entre o aparecimento das inflorescências e a floração e entre a fecundação e a maturação do fruto.					
<b>Vertentes Expostas a Este</b>	-	Os intervalos (em dias) deverão ser ligeiramente inferiores aos registados nos climas locais dos topos de interflúvio entre a vernalização e o abrolhamento, entre o abrolhamento e o aparecimento das inflorescências e entre a floração e a fecundação e, ligeiramente superiores entre o aparecimento das inflorescências e a floração e entre a fecundação e a maturação do fruto.					
<b>Vertentes Expostas a Sul</b>	-	Os intervalos (em dias) deverão ser ligeiramente superiores aos registados nos climas locais dos fundos de vale entre a vernalização e o abrolhamento, entre o abrolhamento e o aparecimento das inflorescências e entre a floração e a fecundação e, ligeiramente inferiores entre o aparecimento das inflorescências e a floração e entre a fecundação e a maturação do fruto.					
<b>Vertentes Expostas a Oeste</b>	-	Os intervalos (em dias) deverão ser ligeiramente superiores aos registados nos climas locais dos fundos de vale entre a vernalização e o abrolhamento, entre o abrolhamento e o aparecimento das inflorescências e entre a floração e a fecundação e, ligeiramente inferiores entre o aparecimento das inflorescências e a floração e entre a fecundação e a maturação do fruto.					
<b>Terraços Fluviais</b>	<i>CTP</i>	74	63	38	35	156	
	<i>Pego</i>	71	64	37	35	159	
<b>Fundos de Vale</b>	-	Os intervalos (em dias) deverão ser ligeiramente superiores aos registados nos climas locais dos terraços fluviais entre a vernalização e o abrolhamento, entre o abrolhamento e o aparecimento das inflorescências e entre a floração e a fecundação e, ligeiramente inferiores entre o aparecimento das inflorescências e a floração e entre a fecundação e a maturação do fruto.					

**Quadro 5.3** – Intervalos (em dias) entre as fases fenológicas da oliveira nos climas locais da região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).

Além disso, calculou-se o número total de dias entre o abrolhamento (início da actividade vegetativa) e a maturação do fruto (final da actividade vegetativa/início da vernalização) nos climas locais da região de Alvega o qual, deverá ser de 292 a 295 dias nos terraços fluviais (CTP e Pego, respectivamente), 303 dias no planalto (S. Facundo) e 322 dias nos topos de interflúvio (Gavião). O número total de dias entre o abrolhamento e a maturação do fruto nas vertentes expostas a Este deverá ser superior ao registado nos topos de interflúvio e inferior ao registado nas vertentes expostas a Norte. Nos fundos de vale deverão apresentar um número total de dias entre o abrolhamento e a maturação do fruto inferior ao registado nos terraços fluviais e superior ao registado nas vertentes expostas a Sul. As vertentes expostas a Oeste deverão apresentar o menor intervalo de dias entre o abrolhamento e a maturação do fruto na região de Alvega.

Do ponto de vista climático, a análise das datas médias de início das fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira nos diversos climas locais da região de Alvega permite retirar algumas conclusões. Assim, ao confrontarmos as datas médias de início das fases fenológicas (Quadro 5.1) com a descrição teórica do ciclo vegetativo anual da oliveira apresentada no início do presente ponto na qual, o abrolhamento é apontado para o início da Primavera (Março-Abril), a floração para Maio-Junho e o amadurecimento do fruto a partir de Outubro, verifica-se uma ligeira precocidade no início das fases fenológicas do ciclo vegetativo da oliveira em todos os climas locais da região de Alvega. No entanto, esta precocidade varia em função do clima local na região de Alvega.

Nos terraços fluviais, as fases fenológicas da oliveira iniciam-se sensivelmente uma semana antes do que sucede no planalto e nos topos de interflúvio (Quadros 5.1 e 5.3). Este facto deve-se ao maior aquecimento diurno resultante da posição de abrigo que caracteriza os terraços fluviais comparativamente ao menor aquecimento diurno em consequência da posição de desabrigo que caracteriza os interflúvios (planalto e topos de interflúvio). Os fundos de vale deverão apresentar um aquecimento diurno ainda mais intenso que os terraços fluviais em consequência da sua posição mais abrigada pelo que deverá fazer sentir-se ainda mais a precocidade das fases fenológicas da oliveira nestas áreas quando comparada com as áreas de interflúvio. As vertentes apresentam um aquecimento diurno muito variável em função da exposição aos raios solares com tradução no início das fases fenológicas da oliveira. Deste modo, as vertentes expostas a Oeste e a Sul apresentam as maiores precocidades da região de Alvega ao passo que as vertentes expostas a Norte e a Este manifestam as menores.

Por último, refira-se que na região de Alvega a precocidade do início das fases fenológicas da oliveira em função dos diversos climas locais é sobretudo evidente na fase de maturação do fruto e consequentemente na extensão da fase de vernalização (Quadros 5.1 e 5.3). Assim, nas áreas deprimidas a precocidade é mais expressiva que nas áreas de interflúvio em consequência das respectivas características térmicas e radiativas.

O desenvolvimento das sucessivas fases fenológicas do ciclo anual da oliveira nomeadamente a vernalização, o abrolhamento, o aparecimento das inflorescências, a floração, a fecundação e a maturação do fruto é assim controlado, em grande parte, pela temperatura do ar segundo mecanismos complexos de causa-efeito (Baldini, 1992) afectando negativa ou positivamente todos os processos que se desenrolam no interior da planta.

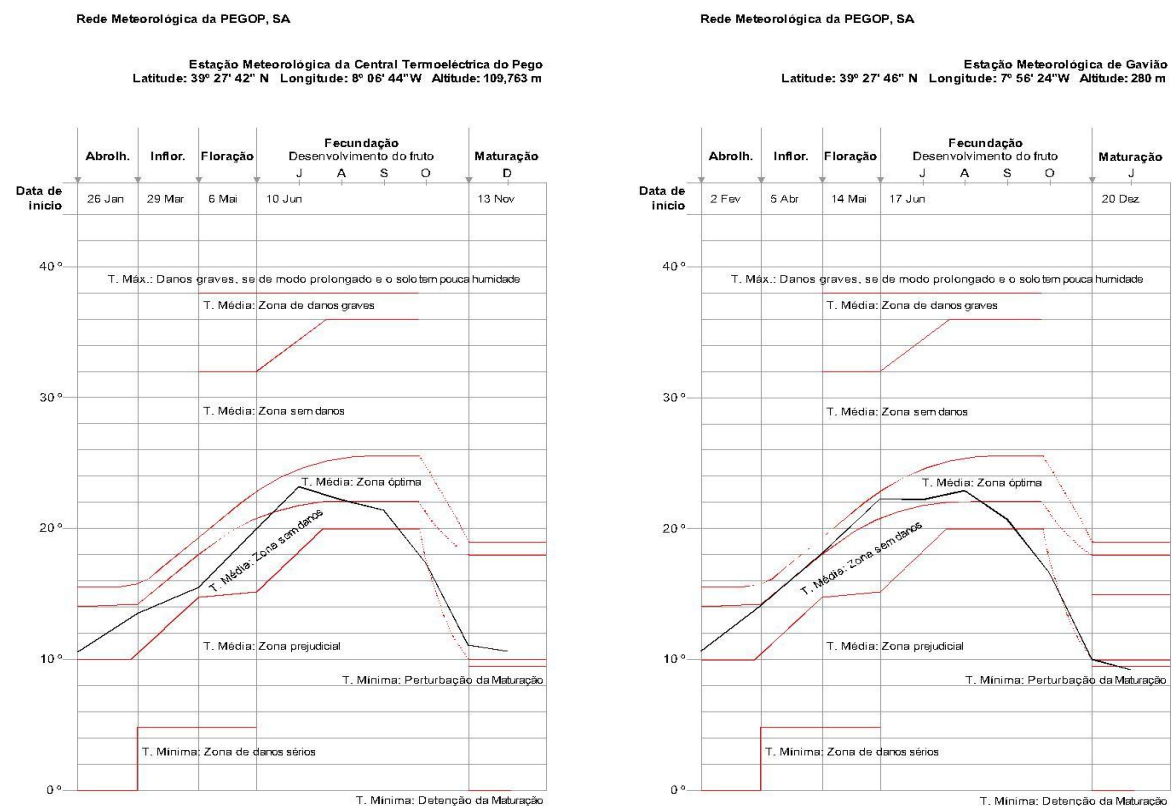
A adequação das condições térmicas diurnas dos climas locais da região de Alvega à olivicultura é aferida com recurso à metodologia proposta por Jaraquemada (1977). Os resultados são apresentados sob a forma de gráfico onde se representam, a vermelho, as exigências térmicas (temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média) da oliveira referidas pelos agrónomos (Jaraquemada, 1977) e, a preto, a temperatura média registada ao longo do ciclo vegetativo anual da oliveira em cada clima local da região de Alvega (Figura

5.3). A apreciação do curso do ano resulta do grau de proximidade da linha representativa das condições térmicas diurnas do clima local às distintas zonas (favoráveis ou desfavoráveis) definidas no gráfico. Salienta-se ainda que o gráfico proposto por Jaraquemada (1977) e, empregue neste exercício, representa a temperatura correspondente ao mês seguinte à maturação do fruto em consequência de “(...) las temperaturas siguen influyendo en el rendimiento de aceite después de que el fruto madure” (Jaraquemada, 1977).

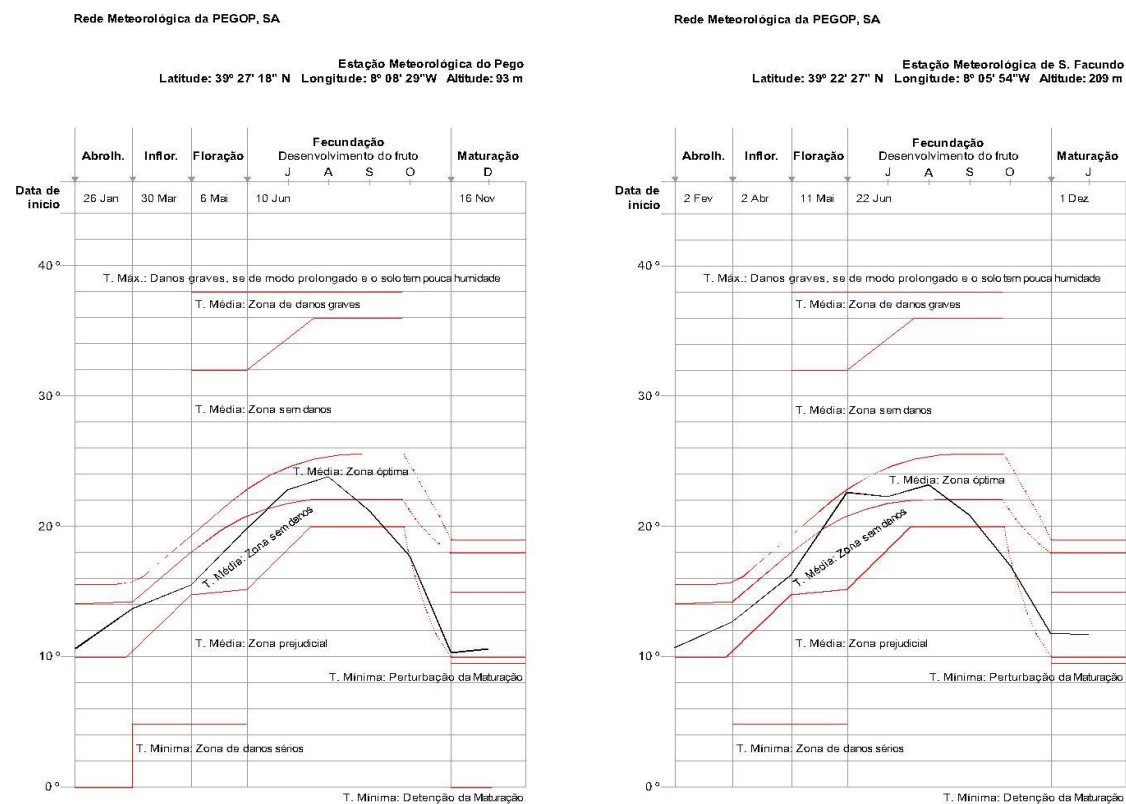
A região de Alvega oferece condições térmicas favoráveis à olivicultura apresentando os climas locais temperaturas médias, essencialmente, um carácter sem prejuízo a óptimo ao longo do ciclo anual da oliveira (Figura 5.3).

Deste modo, a oliveira abrolha em condições térmicas que não oferecem possibilidade de danos em qualquer dos climas locais da região de Alvega (Figura 5.3). O período fundamental do ciclo vegetativo da oliveira com consequências em termos de produção, nomeadamente desde a fase de aparecimento das inflorescências até à fecundação, ocorre em condições térmicas adequadas em todos os climas locais da região de Alvega (Figura 5.3). Em Junho, a fecundação dá-se num ambiente térmico não prejudicial nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) e num ambiente térmico óptimo nas áreas de interflúvio (planalto e topos de interflúvio) (Figura 5.3). Nos climas locais de vertente, a fecundação deverá ocorrer em condições térmicas intermédias. Jaraquemada (1977) considera “(...) que la fecundación se suele producir en junio en las zonas óptimas del cultivo del olivo” como é o caso da área estudada (Figura 5.3). Nos meses de desenvolvimento do fruto seguintes à fecundação (Julho e Agosto) mantêm-se as referidas condições térmicas (Figura 5.3). A partir do início de Setembro até final de Outubro as condições térmicas degradam-se gradualmente em todos os climas locais (Figura 5.3). Deste modo, Setembro já não apresenta condições térmicas tão favoráveis como os meses anteriores ainda que sem prejuízo e Outubro poderá registar condições térmicas ligeiramente prejudiciais ao desenvolvimento do fruto em todos os climas locais (Figura 5.3). O fruto deverá atingir a maturação em condições térmicas não prejudiciais as quais, deverão manter-se no mês subsequente a esta em todos os locais à excepção dos topos de interflúvio, que registam temperaturas médias ligeiramente prejudiciais (Figura 5.3).

Não obstante o disposto, adverte-se para o facto de, como refere Jaraquemada (1977) “Los valores medios que nos da la climatología, bajo el punto de vista de la agricultura no dejan de ser una abstracción, ya que las plantas viven en las realidades meteorológicas de cada día”.



**Figura 5.3** – Exigências térmicas da oliveira na região de Alvega (Adaptado de Jaraquemada, 1977)  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).



**Figura 5.3 (Cont.)** – Exigências térmicas da oliveira na região de Alvega (Adaptado de Jaraquemada, 1977) (Cont.)  
(Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2003).

Ao contrário do fotoperíodo, as temperaturas baixas ocorrentes durante o Inverno tem um efeito significativo na produção de inflorescências (Hackett e Hartmann, 1964, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). Deste modo o abrolhamento tem lugar no encerro do Inverno após *terminus* da vernalização o qual, ocorre depois das árvores terem sido expostas a um período suficientemente longo de frio (Pinney e Polito, 1990; Rallo e Martin, 1991; Fernandez-Escobar *et al.*, 1992, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). Refira-se que a presença de temperaturas relativamente elevadas antes do *terminus* da vernalização podem inverter o efeito do frio (Melo-Abreu *et al.*, 2004). Assim, os requisitos de frio da oliveira explicam a abstinência de floração em áreas com Invernos amenos, tornando-as inaptas para a olivicultura (Melo-Abreu *et al.*, 2004). Adverte-se que uma acumulação de frio incompleta atrasa o fim da vernalização e o início da floração além de dilatar o período de floração (Barranco *et al.*, 1994, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). O desenvolvimento morfológico dos botões florais segue o tratamento das baixas temperaturas que os habilita a crescerem sob temperaturas altas (Hackett e Hartmann, 1964; *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004).

À luz do disposto, avalia-se a adaptabilidade local da olivicultura na região de Alvega através da modelação das datas de floração da oliveira com base na acumulação de frio (relacionada com o *terminus* do período de dormência) e no tempo térmico. Para o efeito, recorre-se a um modelo frio-calor resultante da generalização e simplificação do modelo Utah (Melo-Abreu *et al.*, 2004).

Este modelo simula o incremento horário de frio sendo a acumulação de frio ( $U$ ) pela árvore ao longo de 1 hora dada pela seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 &0, & T_h \leq 0 \\
 &U = \frac{T_h}{T_o}, & 0 < T_h \leq T_o \\
 &1 - (T_h - T_o) \frac{1 - a}{T_x - T_o}, & T_o < T_h \leq T_x \\
 & & T_h > T_x
 \end{aligned}$$

onde,

$T_h$  – é a temperatura do ar horária (°C);

$T_o$  – é a temperatura ótima para a acumulação de frio (°C);

$T_x$  – é a temperatura acima da qual um número constante de unidades de frio acumuladas ( $a$ ) é nulo;

$a$  – este parâmetro negativo representa o número máximo de unidades de frio que são perdidas por cada hora de temperaturas elevadas que seguem o período de acumulação de frio. A assunção que a origem é aos 0 °C baseia-se no trabalho de Orlandi *et al.* (2002).

Na fase de desenvolvimento que sucede à vernalização, a floração tem lugar após o acumular de um tempo térmico (Richardson *et al.*, 1974; Hanninen, 1990, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). O modelo em questão utiliza a abordagem do tempo térmico na fase de desenvolvimento (Monteith, 1997, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004) constituindo a temperatura base um parâmetro.

Assim, com recurso a uma série de dados de calibração, um algoritmo otimizado estima os parâmetros  $T_o$ ,  $T_x$  e  $a$  na equação supracitada, o total de unidades de frio ( $TU$  e  $U$ ) até ao fim da dormência, a temperatura base ( $T_b$  em °C) e o tempo térmico ( $TT$  em °C) desde o final da vernalização até à plena floração.

Depois de quebrada a dormência, o tempo para a floração diminui à medida que a temperatura aumenta (Alcalá e Barranco, 1992, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). Além disso, temperaturas elevadas encurtam o período de floração (Barranco *et al.*, 1994, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004).

Subjacente a este modelo pressupõe-se que existem dois processos encadeados: um relacionado com o *terminus* da vernalização o qual, depende da acumulação de frio; e outro na fase subsequente de desenvolvimento que depende da acumulação de tempo térmico acima da temperatura base.

O erro médio quadrático (RMSE) das datas de floração previstas é neste modelo calculado pelo algoritmo através do método *downhill simplex* (Nelder e Mead, 1965, *Cit. in* Melo-Abreu *et al.*, 2004). Nesta modelação, as temperaturas máximas e mínimas diárias são introduzidas no modelo, enquanto temperaturas horárias são geradas a partir da temperatura máxima e mínima usando o modelo desenvolvido por De Witt *et al.*, (1978) o qual, se tem mostrado adequado às condições mediterrâneas (Melo-Abreu e Campbell, 1996). A acumulação de frio começa a 1 de Outubro, e todos os valores negativos desta acumulação são descartados. Após suficiente acumulação de frio, inicia-se a acumulação de tempo térmico.

A calibração do modelo foi efectuada com recurso aos valores dos parâmetros definidos em Melo-Abreu *et al.*, 2004 os quais, encontram-se patentes no Quadro 5.4.

Espécie	$T_o$ (°C)	$T_x$ (°C)	$a$ (U)	TU (U)	$T_b$ (°C)	TT (°C dias)	RMSE (dias)
<i>Olea europaea</i> L.	7.3	20.7	-0.56	494*	9.1	510*	2.9

**Quadro 5.4** – Valores dos parâmetros para a oliveira (*Olea europaea* L.) definidos em Melo-Abreu *et al.* (2004) utilizados na calibração do modelo de previsão das datas de floração. TU, o total de unidades de frio até ao fim da vernalização; e TT (°C Dias), o tempo térmico desde o fim da vernalização até à plena floração. RMSE (Dias), o erro médio quadrático das datas previstas de floração. \* valores referentes à variedade *Hojiblanca* por ser, dentro das variedades empregues no estudo realizado em Melo-Abreu *et al.*, 2004 aquela que apresenta maiores necessidades de frio e de calor.



Os cálculos da previsão das datas de floração da oliveira nos diversos locais da região de Alvega foram efectuados com recurso à folha de cálculo *FlowerCalc\** programada em *Visual Basic for Applications* em Melo-Abreu *et al.* (1994).

A forte adaptabilidade local da oliveira na região de Alvega é atestada pelos resultados da modelação das datas de floração onde se verifica a ocorrência desta fase fenológica em todos os locais da região de Alvega (Quadro 5.5). Assim, nos diversos locais da região de Alvega a floração desenvolve-se na Primavera (Quadro 5.5) tal como na maioria das áreas olivícolas (Melo-Abreu *et al.*, 2004). A oliveira floresce em todos os locais num intervalo de 3 a 7 dias revelando fracos contrastes espaciais no seio desta região (Quadro 5.5).

Espécie	Localização	Data da Floração (Dia do Ano)	Data da Floração (Dia de Maio)
<i>Olea europaea</i> L.	Planalto (S. Facundo)	132	12
	Topos de Interflúvio (Gavião)	139	19
	Terraço Fluvial (CTP)	136	15
	Terraço Fluvial (Pego)	135	16

**Quadro 5.5** – Datas da floração da oliveira (*Olea europaea* L.) nos diversos locais da região de Alvega (Fonte dos dados: Rede Meteorológica da PEGOP, SA, 1999-2000).

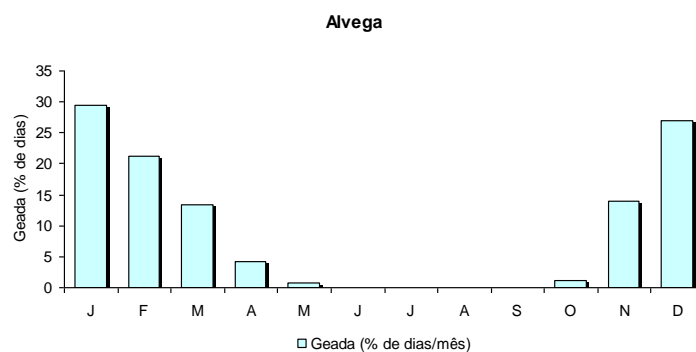
### 3.2.2 Temperatura nocturna e perigo de geada

As geadas constituem “(...) um dos maiores flagelos que atormentam os agricultores de muitos países, em especial dos situados nas médias e nas altas latitudes” (Melo e Abreu, 1985 e Rasquilho Raposo, 1998). Nestas regiões, a “(...) ocorrência de geadas em períodos críticos do desenvolvimento das plantas provoca, frequentemente, danos graves que se traduzem em elevados prejuízos para os agricultores. Durante o período de dormência, a generalidade das culturas são insensíveis às baixas temperaturas. Contudo, após o abrolhamento a sensibilidade da planta aumenta, sendo a fase de vingamento do fruto a mais crítica. No Outono, as geadas precoces podem igualmente causar prejuízos quando ocorrem antes da colheita” (Melo e Abreu *et al.*, 2000). Em Portugal Continental “(...) apesar da amenidade do seu clima (de características fundamentalmente mediterrânicas), o problema das geadas reveste-se, como se sabe, de uma importância cuja gravidade aumenta, de um modo geral, do Sul para o Norte do país” (Rasquilho Raposo, 1998).

A oliveira manifesta boa capacidade de adaptação ao frio, porém é bastante sensível às geadas (sobretudo quando estas têm lugar no princípio da Primavera e/ou Outono), podendo estas provocar a morte dos ramos e, inclusive, dos troncos. Deste modo, em locais propícios à ocorrência de geadas, aconselha-se a implantação de olivais empregando variedades pouco sensíveis ao frio (Guerrero García, 2005). Uma das consequências das geadas, nomeadamente

do frio que as acompanha, é o facto de provocarem feridas na casca de ramos e raminhos, através das quais a bactéria que origina a tuberculose prolifera infectando a árvore; assim, depois da ocorrência de geadas que afectam as árvores, sobretudo nas variedades sensíveis, é de esperar um intenso ataque desta doença. Além disso, os ramos muito prejudicados pelo frio apresentam boas condições para a postura do caruncho-da-oliveira, promovendo assim a expansão desta praga. Outra consequência prejudicial da ocorrência de geadas, neste caso, das que têm lugar no Outono e no Inverno, antes da fase de amadurecimento do fruto estar concluída é a detenção do desenvolvimento do fruto a qual, se traduz por uma mudança da sua cor (para um castanho-escuro específico) acompanhada de considerável redução de peso, embora compensado, em parte, pelo aumento de rendimento (Guerrero García, 2005). Em locais frios, onde a probabilidade de ocorrência de geadas seja considerável, deverão ser considerados alguns aspectos relacionados com a escolha da variedade e a topografia do terreno do futuro olival. Assim, neste contexto, aconselha-se a escolha de variedades pouco sensíveis ao frio e, em relação à topografia, deverá evitar plantar-se em locais deprimidos, sobretudo aqueles que apresentem dificuldades de drenagem em caso de acumulação do ar frio, uma vez que, como refere Andrés Guerrero García (2005) “(...) não são apenas as zonas de cotas baixas que mais sofrem as geadas, mas sim aquelas que se encontrem rodeadas por todos os lados por zonas com cotas mais altas”.

Na região de Alvega, a frequência média de geadas potenciadoras de prejuízos à oliveira é de 34 dias/ano ocorrendo nos meses de Outubro a Maio (Figura 5.4).



**Figura 5.4** – Frequência de ocorrência de geada (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

Em função das causas que deram origem à sua formação, distinguem-se três tipos e dois sub-tipos de geadas, nomeadamente de radiação (de radiação em sentido restrito e de advecção-radiação), de advecção e de evaporação (Melo e Abreu *et al.*, 2000). Debruçamo-nos, em particular, sobre as geadas de radiação em sentido restrito por serem aquelas cuja formação e intensidade dependem fundamentalmente de factores climáticos locais e, por serem as mais

frequentes em Portugal Continental. Em regra as geadas mais graves para as culturas são as geadas tardias de Primavera e as precoces de Outono.

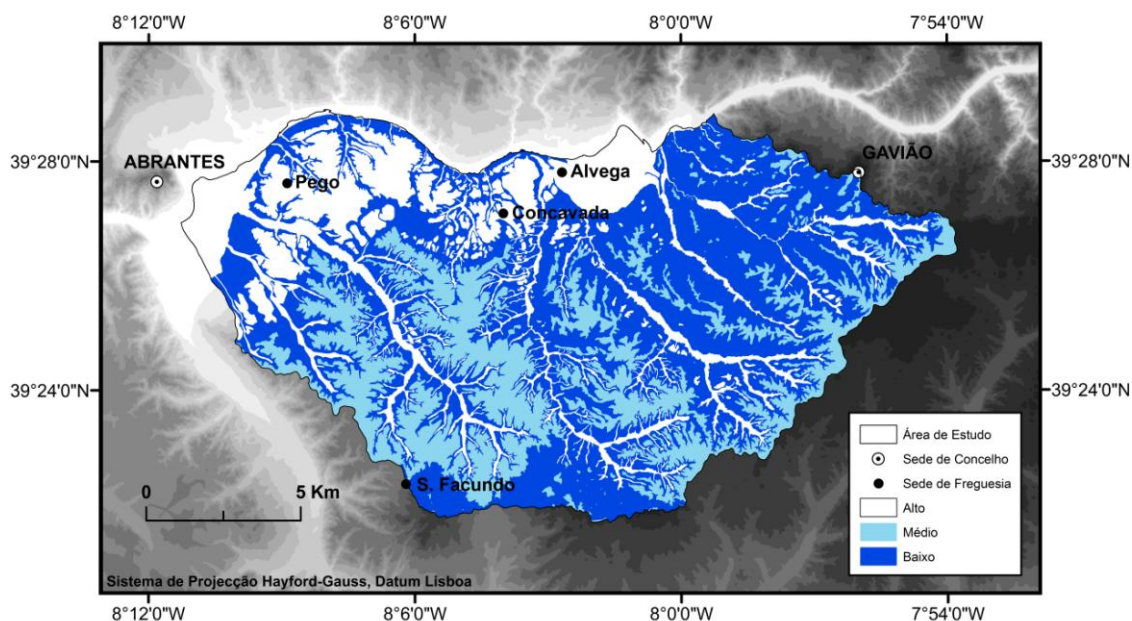
Deste modo, as geadas de radiação em sentido restrito têm origem na radiação terrestre efectiva<sup>1</sup> associada a condições atmosféricas de céu limpo, fraca turbulência (vento fraco ou nulo) e baixa humidade relativa intensificando o balanço energético negativo da superfície terrestre (Lopes, 1995 e Melo e Abreu *et al.*, 2000). O ar em contacto com as superfícies radiantes arrefece formando uma massa de ar estável e fria junto à superfície terrestre desenvolvendo-se assim uma inversão térmica vertical. A presença de topografia contrastada favorece a ocorrência de fenómenos de drenagem e acumulação de ar frio nas áreas deprimidas em noites de arrefecimento radiativo. A este propósito, Melo e Abreu *et al.*, 2000 refere que há “(...) fluxos catabáticos, resultantes do escorrimento do ar esfriado ao longo das vertentes, sendo a acumulação de ar frio nas depressões do terreno, onde se dá a estratificação vertical. Neste caso, as temperaturas mínimas nocturnas mais elevadas verificam-se nos cumes e secções superiores e médias das encostas, quando os declives são acentuados e livres de obstáculos à drenagem do ar frio”. Deste modo, a severidade das geadas de radiação em sentido restrito varia consideravelmente com as condições gerais da atmosfera e com os contrastes locais da topografia e uso do solo. Culturas situadas em depressões do terreno e áreas próximas dos fundos de vales são assim afectadas com maior severidade por este fenómeno agroclimatológico (Melo e Abreu *et al.*, 2000).

A ocorrência de temperaturas nocturnas baixas e o consequente perigo de formação de geadas de radiação condicionam consideravelmente a prática da olivicultura sendo importante a modelação da susceptibilidade à sua ocorrência na região de Alvega. Assim, a *Carta do Perigo de Geadas de Radiação da Região de Alvega* (Figura 5.5) foi construída em ambiente SIG através do *software ArcGis 9.3* (ESRI). A classificação em áreas de *baixo*, *médio* e *alto* perigo de formação de geadas de radiação resulta da aplicação do conhecimento dos padrões das temperaturas mínimas do ar diárias adquirido no ponto 4 do capítulo III onde se verificou a presença de fenómenos de drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo nos vales da região de Alvega.

O perigo de geadas de radiação manifesta acentuados contrastes espaciais nesta região. Assim, os fundos de vale e os terraços fluviais, pelo facto de configurarem áreas deprimidas rodeadas por áreas de altitude mais elevada que, em caso de acumulação de ar frio dificultam a sua drenagem, apresentam elevado perigo (Figura 5.5). As vertentes, onde ocorre a drenagem do ar frio, apresentam um baixo perigo (Figura 5.5). O planalto e topos de interflúvios constituem os locais preferenciais de geração do ar frio pelo que manifestam um moderado perigo de geadas (Figura 5.5).

---

<sup>1</sup> Designa-se *radiação terrestre efectiva* o balanço da radiação obtido por subtracção entre o fluxo de grande comprimento de onda ascendente e descendente (Melo e Abreu *et al.*, 2000).



**Figura 5.5** – Carta do perigo de geada de radiação na região de Alvega.

### 3.3 Insolação

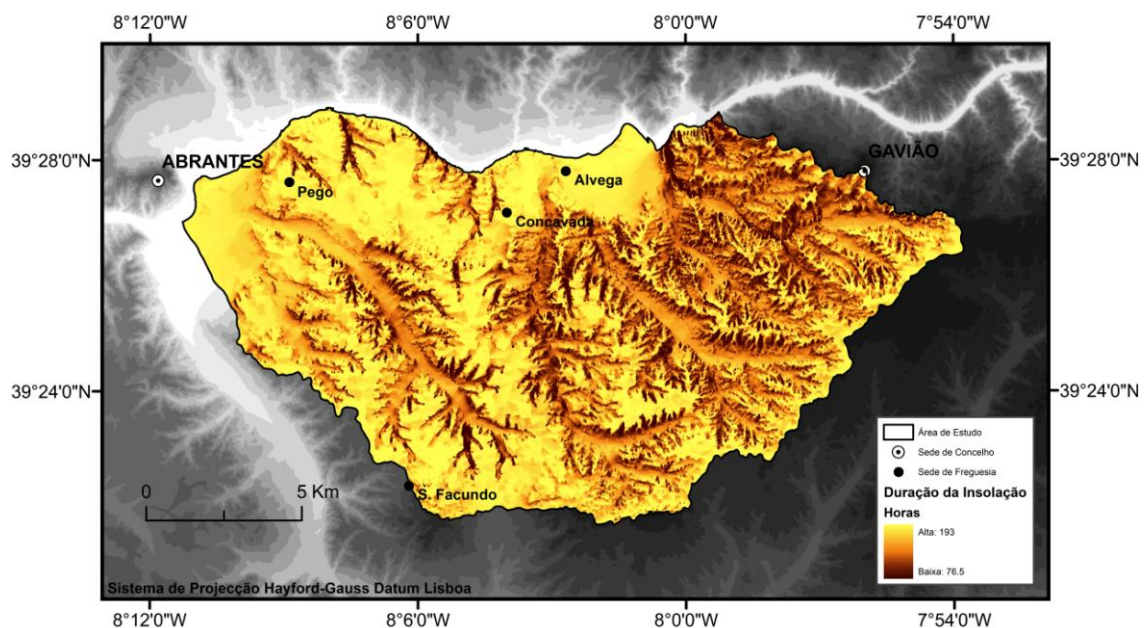
#### 3.3.1 Variáveis de base

A par com a radiação solar, a insolação constitui um dos elementos climáticos condicionantes à olivicultura pelo que a modelação do seu potencial na região de Alvega se reveste de grande importância. A *Carta da Duração da Insolação Potencial da Região de Alvega* (Figura 5.6) deriva do *Modelo Digital do Terreno da Região de Alvega* construído em ambiente SIG (*software ArcGis 9.3*, ESRI) e posteriormente manipulado em ambiente SIG (*software SagaGis 2.0.4*, Open Source). Por isso, também aqui se adverte que a correcta criação do modelo digital do terreno é de fulcral importância pelas razões expostas em 3.1.2.

#### 3.3.2 Carta da insolação potencial

Juntamente com a radiação solar, a insolação é responsável pela quantidade de energia recebida num determinado local, constituindo um dos elementos mais importantes do clima olivícola. Além disso, a oliveira requer boas condições de luminosidade ao longo de todo o ano como condição indispensável a uma boa realização da fotossíntese. Tal como a radiação solar, a insolação depende da latitude, da época do ano, da nebulosidade e da obstrução do horizonte pelos obstáculos.

A *Carta da Duração da Insolação da Região de Alvega* (Figura 5.6) para o período de Maio a Junho (período onde decorre uma das mais importantes fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira, a floração) foi construída em ambiente SIG através do *software SagaGis 2.0.4* (Open Source) que contém o módulo de cálculo de modelos de sombra. A região de Alvega apresenta um potencial de insolação para o período de Maio a Junho variável entre 76.5 e 193 horas (Figura 5.6). No entanto, o potencial de insolação manifesta contrastes espaciais acentuados na região de Alvega. Deste modo, as áreas de planalto, topos de interflúvio e terraços fluviais apresentam um elevado potencial, as áreas de fundo de vale manifestam um médio potencial e as áreas de vertentes apresentam baixo potencial (Figura 5.6).



**Figura 5.6** – Carta da duração da insolação (média de Maio a Junho) da região de Alvega.

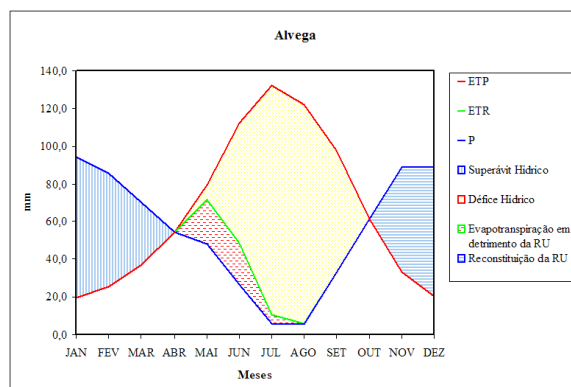
### 3.4 Precipitação

A importância da água na agricultura mediterrânea encontra-se bem patente nas palavras de Orlando Ribeiro (1998) que aqui se transcrevem: “A água é uma preocupação. Durante o Estio sem chuvas as plantas estiolam-se de calor. É preciso levar-lhes o benefício da rega ou escolher as que melhor se ajustam ao clima”. No caso da oliveira, esta adapta-se bem à seca pois dispõe de mecanismos ajustados a essa finalidade. Como tal, mencionam-se aqui os mais relevantes: sistema radicular extenso (mais ainda em solos soltos que em solos pesados); folhas coriáceas com poucos estomas estando estes localizados na página inferior ao abrigo da radiação directa do Sol; os estomas dispõem-se em ligeiras depressões onde estão sujeitos a um microclima mais

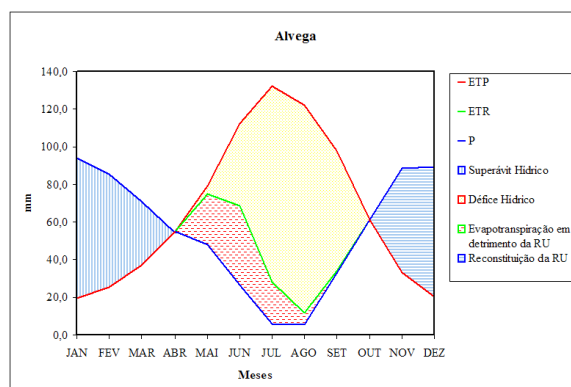
húmido diminuindo a transpiração; quando em situação de seca, as folhas enrolam-se, os estomas só se abrem de manhã e por um curto espaço de tempo, aumenta a pressão osmótica fazendo com que possa aproveitar mais a escassa humidade do terreno e uma fracção da água do fruto desloca-se para as folhas deixando a azeitona enrugada (Guerrero García, 2005). A escassez de água nas células conduz a uma menor turgescência, a qual provoca o fecho dos estomas. O fecho dos estomas apresenta uma dualidade, uma vez que, se por um lado aumenta a resistência da planta à secura, por outro, diminui a actividade fotossintética (Guerrero García, 2005). Refira-se que o património olivícola mundial estima-se em 750 milhões de oliveiras (715 milhões dos quais na área mediterrânea – 95% do efectivo total), das quais, apenas “Unos 50 millones de olivos se benefician de aportaciones de agua de riego, considerado este en el sentido más amplio, predominado por consiguiente los que se cultivan en secano” (Barranco *et al.*, 2008). Em termos de pluviometria anual, a prática da olivicultura em condições de sequeiro, apresenta, salvo casos muito particulares, um requisito mínimo de 400 a 500 mm, ou seja, 4000 a 5000 m<sup>3</sup> de água por ha (Guerrero García, 2005). Em termos de necessidades de água na oliveira, segundo Andrés Guerrero García (2005) o período crítico “(...) situa-se entre a floração e o amadurecimento” coincidindo quase na totalidade com “(...) o período de maior escassez de chuvas”; esta coincidência cumpre-se em geral na região de Alvega como se pode verificar pela análise do gráfico termo-pluviométrico de Alvega (ver Figura 1.8, capítulo I) e, em particular, nos diversos climas locais como se pode verificar através da análise das fases fenológicas da oliveira (Quadro 5.1). Para além do referido, existe uma relação entre a pluviometria e a produção sendo referido, por vários autores da especialidade, como limiares pluviométricos para a obtenção de boas colheitas os seguintes valores: 725 mm, segundo Ortega Nieto; acima dos 750 mm, segundo Faustino de Andrés e E. Roman e entre 600 e 800 mm, segundo Anagostopoulos (*Cit. in* Guerrero García, 2005). O clima da região de Alvega apresenta uma pluviometria anual de 637,2 mm, a qual proporciona condições favoráveis à olivicultura. Não obstante o disposto, esta região manifesta contrastes pluviométricos locais que poderão explicar parcialmente diferenças nas colheitas. Deste modo, a pluviosidade anual nas áreas de interflúvio varia entre os 746.1 mm no planalto (Margem) e os 749.0 mm nos topos de interflúvio (Gavião) ao passo que a pluviosidade anual das áreas deprimidas oscila entre os 628.6 mm nos terraços fluviais (Concavada – Abrantes) os 637.6 mm nos fundos de vale (Bemposta). Os climas locais de vertente fazem a transição com quantitativos pluviométricos intermédios. Este aumento da pluviometria anual a par com a altitude na região de Alvega é corroborado pelo *Mapa da Precipitação de Portugal* para o período de 1931-1960 à escala 1: 500 000 (Daveau *et al.*, 1977) (ver Figura 1.17, capítulo I).

A evapotranspiração é o somatório da água, transpirada pelas plantas e evaporada do solo. A referida transpiração encontra-se dependente de factores climáticos como a humidade relativa, a temperatura do ar, o vento, a temperatura combinada com a secura do ar, a insolação e, de

factores agronómicos, nomeadamente factores edáficos como, a fertilidade do solo (Guerrero García, 2005). A evapotranspiração pode ser considerada do ponto de vista potencial (somatório das perdas de água em resultado da transpiração da planta e da evaporação do solo nas seguintes condições: solo plenamente coberto por vegetação e manutenção da capacidade de campo) e do ponto de vista real (somatório das perdas de água em resultado da transpiração da planta e da evaporação do solo que se produzem na prática dependendo em cada caso do teor de água no solo e das restantes condições existentes) (Guerrero García, 2005). Em termos de balanço hidrológico do solo, apresentam-se dois cenários para a região de Alvega, o primeiro baseado numa reserva útil de 50 mm, como tal, considerado mais drástico (Figura 5.7) e o segundo baseado numa reserva útil de 100 mm, considerado mais normal em análises deste tipo (Figura 5.8). Deste modo, o primeiro cenário apresenta um défice hídrico anual da ordem dos 375,3 mm, durando o período deficitário seis meses (entre Maio e Outubro, embora o mês de Outubro apresente um défice marginal de apenas 0,1 mm). O mês de Julho é referido como o de maior défice, nomeadamente com 121,9 mm. Salienta-se que, o referido défice mostra a dimensão da estação seca (Figura 5.7). A evapotranspiração potencial apresenta um total anual da ordem dos 795,5 mm, ocorrendo o mínimo principal em Janeiro (19,7 mm) e o mínimo secundário em Dezembro (20,4 mm) (Figura 5.7). A evapotranspiração real apresenta um valor máximo na Primavera, nomeadamente em Maio (71,2 mm) e, no Outono, nomeadamente em Outubro (61,2 mm). Os valores mínimos surgem em Agosto com 5,8 mm (mínimo principal) e em Julho com 10,3 mm (mínimo secundário) por falta de água e, em Janeiro com 19,7 mm (mínimo principal) e Dezembro com 20,4 mm (mínimo secundário) devido às baixas temperaturas (Figura 5.7). O segundo cenário manifesta um défice anual da ordem dos 326,7 mm, durando o período deficitário, tal como o anterior, seis meses (entre Maio e Outubro, no entanto, tal como no cenário anterior, o mês de Outubro apresente um défice marginal somente de 0,1 mm). Neste cenário é o mês de Agosto que se apresenta como, o de maior défice, nomeadamente com 110,3 mm (Figura 5.8). A evapotranspiração potencial manifesta-se idêntica à anteriormente descrita para o primeiro cenário, tanto em termos de totais anuais como de mínimos (principal e secundário) (Figura 5.8). A evapotranspiração real apresenta um valor máximo na Primavera, nomeadamente em Maio (74,8 mm) e, no Outono, nomeadamente em Outubro (61,2 mm). Os valores mínimos encontram-se em Agosto com 11,5 mm (mínimo principal) e em Julho com 28,1 mm (mínimo secundário) por falta de água e, em Janeiro com 19,7 mm (mínimo principal) e em Dezembro com 20,4 mm (mínimo secundário) em virtude das baixas temperaturas (Figura 5.7). Esta análise permite considerar, com base no balanço hidrológico do solo, que a região de Alvega não apresenta limitações, em ambos os cenários, à prática da olivicultura, embora se possa acrescentar que, o segundo cenário é encarado como mais favorável face ao primeiro.



**Figura 5.7** – Balanço hidrológico do solo em Alvega no período de 1948 a 1988 calculado segundo o método de Thornthwaite-Mather para uma reserva útil (RU) de 50 mm (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



**Figura 5.8** – Balanço hidrológico do solo em Alvega no período de 1948 a 1988 calculado segundo o método de Thornthwaite-Mather para uma reserva útil (RU) de 100 mm (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

### 3.5 Vento

O vento condiciona a prática da olivicultura, por um lado, através de danos provocados por acção mecânica (quebra de ramos, derrube de árvores) e, por outro, através de desidratação da vegetação resultante do efeito combinado com a baixa humidade relativa reforçado pela presença de temperaturas altas.

À escala local, a morfologia do terreno imprime distorções no rumo e velocidade dos sistemas de ventos da circulação regional. Assim, os efeitos do vento resultantes da acção mecânica prejudiciais à olivicultura fazem-se sentir com maior intensidade nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) devido à constrição sofrida pelo ar de que resulta um aumento da velocidade do vento ao longo dos vales (ventos canalizados). É também nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) que os efeitos do vento prejudiciais à olivicultura resultantes



da sua combinação com a humidade relativa baixa reforçada pela presença de temperaturas altas apresentam maior intensidade, consequência do seu maior aquecimento provocado pelo efeito de abrigo. Nas áreas de vertente ainda se fazem sentir os referidos efeitos do vento prejudiciais à olivicultura.

Os sistemas de ventos locais de origem térmica relacionados com os regimes radiativos das vertentes que se desenvolvem no seio da região de Alvega, nomeadamente brisas de vale, brisas de montanha, ventos anabáticos ( $2$  a  $4\text{ m.s}^{-1}$ ) e ventos catabáticos ( $2$  a  $3\text{ m.s}^{-1}$ ) não apresentam velocidades capazes de imprimir danos por acção mecânica à oliveira pelo que não condicionam a prática da olivicultura.

#### **4. Acidentes agroclimatológicos e olivicultura**

Tal como referido anteriormente, o objectivo da implantação de um olival com fins comerciais é a rentabilidade económica; além disso, constitui um investimento a longo prazo, sendo por isso aconselhável, aquando da sua realização, a máxima segurança. No sentido de conferir uma maior segurança ao investimento, devem ser do conhecimento do futuro olivicultor diversos aspectos do clima bem como das características fisiográficas da área de intervenção, que podem condicionar a rentabilidade da plantação. O referido conhecimento advém da realização de estudos prévios que permitam avaliar a aptidão do local pretendido para a prática da olivicultura (Barranco *et al.*, 2008). O estudo dos acidentes agroclimatológicos insere-se no conhecimento dos aspectos do clima, revestindo-se da maior importância, uma vez que, os danos infringidos por estes à oliveira, sobretudo em determinadas fases fenológicas do seu ciclo vegetativo, apresentam consequências que podem ser substanciais, tanto ao nível da quantidade produzida como da qualidade do azeite. Andrés Guerrero García (2005) define como acidentes agroclimatológicos da olivicultura os seguintes agentes causadores de danos: excesso de humidade, chuvas torrenciais, geadas, neve, granizo, vento, insolação e temperaturas altas. No próximo ponto, avalia-se a susceptibilidade da olivicultura na região de Alvega em relação aos acidentes agroclimatológicos.

##### **4.1 Excesso de humidade no solo e chuvas torrenciais**

A oliveira apresenta uma elevada sensibilidade ao excesso de humidade no solo a qual, pode provocar asfixia radicular e sintomas de clorose nas árvores podendo inclusive, conduzir à morte das mesmas. Desta forma, a oliveira não prospera bem em locais susceptíveis de

inundação em caso de chuvas abundantes bem como em terrenos com forte componente argilosa que diminui a sua permeabilidade (Guerrero García, 2005).

Na região de Alvega, os locais que apresentam maior susceptibilidade de inundação, sendo por isso, passíveis de excesso de humidade, são os fundos de vale. Esta circunstância deve-se à convergência das águas de escoamento provenientes da drenagem das áreas sobranceiras adjacentes (planalto e topos de interflúvio) canalizada através da densa rede de barrancos e vales desenvolvida ao longo das vertentes. O potencial excesso de humidade dos fundos de vale é ainda reforçado pelos seus fracos declives e pela impermeabilidade dos seus solos (aluviões e coluviões). Adverte-se ainda para a possibilidade de ocorrência de inundações em áreas pontuais no seio do planalto constituído por argilas, arenitos e conglomerados da cobertura ceno-antropozóica em resultado da concentração de sedimentos argilosos transportados pelas águas de escorrência e/ou pela formação de horizontes de solo impermeáveis (*impermes*).

A erosão do solo com origem na chuva (erosão hídrica) assume particular importância nos olivais implantados sobre áreas de declive acentuado formando-se, por vezes, barrancos e vales nas áreas de convergência da água. Este tipo de erosão conduz a um abaixamento gradual da superfície ao nível do solo o qual, pode colocar as sapatas e os pontos de origem das raízes principais a descoberto (Guerrero García, 2005).

Na região de Alvega, as áreas de vertente apresentam maior susceptibilidade à ocorrência de fenómenos de erosão hídrica relativamente às restantes devido aos declives acentuados (ver Figura 1.5, capítulo I, cobertura ceno-antropozóica assente sobre complexo xisto-grauvácico). O efeito da erosão hídrica é visível na fraca espessura do solo por vezes interrompida por afloramentos rochosos e nos inúmeros barrancos e vales que caracterizam estas vertentes. Em termos de ocorrência de chuvas abundantes, causa indispensável à ocorrência deste tipo de fenómenos, refere-se que a frequência média de trovoadas na região de Alvega é de 22 dias/ano ocorrendo principalmente nos meses de Abril, Maio, Junho, Setembro e Outubro. Embora estes valores não sejam elevados, são inadequados para permitirem conclusões rigorosas, pois nada referem sobre os quantitativos. Os resultados da análise estatística dos valores máximos no ano da quantidade diária de precipitação em Portugal Continental para as estação meteorológica/posto udométrico de Alvega e Gavião referem valores elevados quer para curtos ( $M_5$ ) quer para longos ( $M_{100}$ ) períodos de retorno atestando a existência de precipitações intensas nesta região (Quadro 5.7). Refira-se ainda que as áreas topograficamente mais elevadas registam valores superiores às áreas deprimidas quer para curtos ( $M_5$ ) quer para longos ( $M_{100}$ ) períodos de retorno atestando uma subida de intensidade das precipitações diárias com a altitude na região de Alvega (Quadro 5.7). Ainda que não se possa definir com rigor, tanto espacialmente como temporalmente, a susceptibilidade de ocorrência de inundações e fenómenos de erosão hídrica na área em estudo, será mais provável ocorrer nos locais e nos

períodos referidos o que, longe da análise aconselhável neste tipo de estudo, constitui uma primeira aproximação.

Propriedades e Características	Estação Meteorológica/Posto Udométrico	
	<i>Alvega</i>	<i>Gavião</i>
<b>Latitude</b>	39° 28' N	39° 12' N
<b>Longitude</b>	8° 03' W	7° 58' W
<b>Altitude</b>	51 m	281 m
<b>Período</b>	1942 - 1974	1932 - 1974
<b>M<sub>5</sub></b>	54.8 mm	70.9 mm
<b>M<sub>10</sub></b>	63.6 mm	83.3 mm
<b>M<sub>25</sub></b>	74.6 mm	98.9 mm
<b>M<sub>50</sub></b>	82.8 mm	110.5 mm
<b>M<sub>100</sub></b>	91.0 mm	122.0 mm

M<sub>5</sub> – Período de retorno de 5 anos; M<sub>10</sub> – Período de retorno de 10 anos; M<sub>25</sub> – Período de retorno de 25 anos;  
M<sub>50</sub> – Período de retorno de 50 anos; M<sub>100</sub> – Período de retorno de 100 anos.

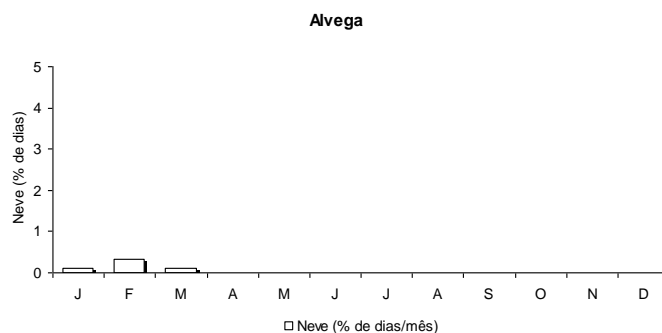
**Quadro 5.6** – Resultados da análise estatística dos valores máximos no ano na quantidade diária de precipitação em Portugal Continental para as estação meteorológica/ posto udométrico de Alvega e Gavião (Rocha Faria *et al.*, 1980).

#### 4.2 Geadas, neve e granizo

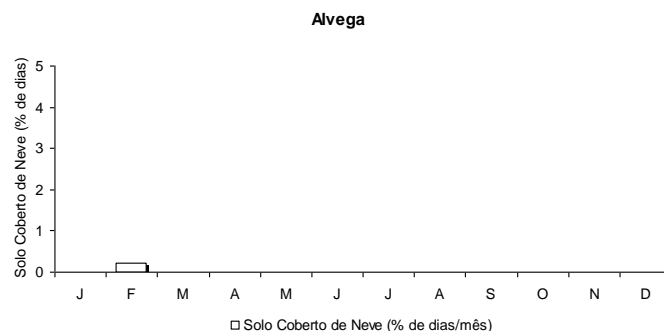
No que concerne à susceptibilidade de ocorrência de geadas e dos prejuízos à olivicultura a estas inerentes na região de Alvega aplica-se o disposto no ponto 3.2.2.

A queda de neve é considerada um acidente agroclimatológico pelos prejuízos que desta podem advir, como rupturas de ramos desencadeadas pelo peso daquela e, sobretudo, pelas temperaturas muito baixas que naturalmente a assistem os quais, tal como foi anteriormente referido (quando se tratou de outros acidentes agroclimatológicos) proporcionam e/ou provocam sérios danos à oliveira (Guerrero García, 2005).

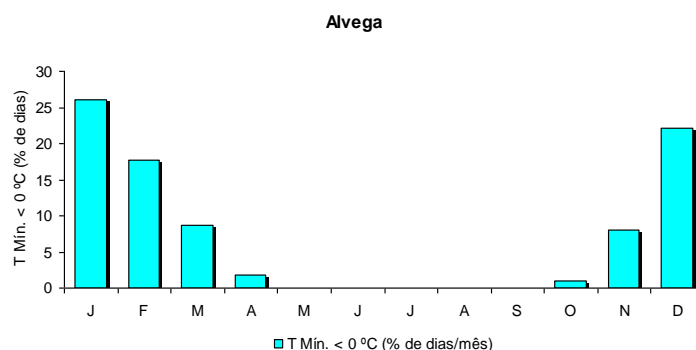
No intuito de compreender a susceptibilidade de ocorrência de queda de neve, potenciadora de prejuízos à oliveira, refere-se que na região de Alvega, a frequência média de queda de neve e de solo coberto de neve é de 0.16 dias por ano e de 0.06 dias por ano, respectivamente (Figuras 5.9 e 5.10). Deste modo, esta região apresenta uma fraca susceptibilidade à ocorrência de neve embora a frequência de ocorrência de temperaturas inferiores a 0 °C seja considerável de Novembro a Março e, inclusive elevada, de Dezembro a Fevereiro (Figura 5.11). Na região de Alvega a queda de neve não apresenta um padrão de distribuição contrastado à escala local.



**Figura 5.9** – Frequência de ocorrência de neve (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



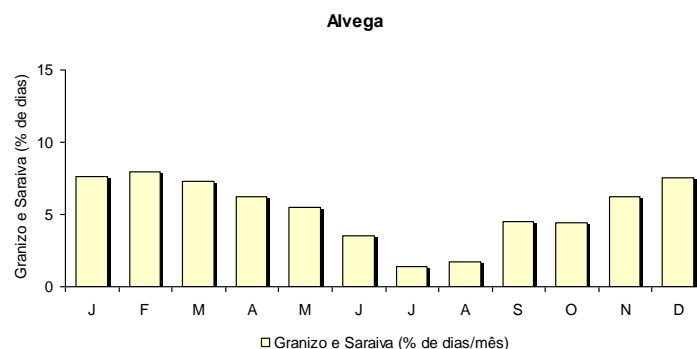
**Figura 5.10** – Frequência de ocorrência de solo coberto de neve (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).



**Figura 5.11** – Frequência de ocorrência de temperatura mínima inferior a 0 °C (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

A queda de granizo (acompanhada de baixas temperaturas) assume um carácter relevante na propagação de doenças como a tuberculose uma vez que, quando cai com intensidade provoca feridas que permitem a infecção pela bactéria responsável por esta doença. Além disso, a queda de granizo, sobretudo quando coincide com as épocas de floração e/ou de amadurecimento do fruto, pode conduzir a uma quebra da colheita devido aos danos infringidos, respectivamente, sobre as flores e os frutos (Guerrero García, 2005).

No intuito de compreender a susceptibilidade de ocorrência de queda de granizo, potenciador de prejuízos à oliveira, refere-se que na região de Alvega a frequência média de queda de granizo e saraiva é de 1.75 dias por ano (Figura 5.12). Embora esta região apresente uma fraca susceptibilidade à ocorrência de queda de granizo e saraiva refere-se que, a ter lugar, deverá ser nos meses de Janeiro a Maio, sobretudo de Fevereiro a Abril (Figura 5.12). A queda de granizo na região de Alvega não apresenta um padrão de distribuição contrastado à escala local.



**Figura 5.12** – Frequência de ocorrência de granizo e saraiva (% de dias/mês) em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

### 4.3 Vento

O vento pode provocar danos na oliveira através da sua acção mecânica, como é o caso, por vezes, dos ventos ciclónicos os quais, quebram ramos e inclusivamente derrubam árvores (Guerrero García, 2005).

Na região de Alvega, as áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) apresentam maior susceptibilidade a este tipo de acidente agroclimatológico em situações de ventos canalizados com particular ênfase nas situações em que o rumo do vento coincide com a orientação de desenvolvimento dos vales. Embora a velocidade média do vento não seja elevada nos terraços fluviais ( $3.3$  a  $3.9 \text{ m.s}^{-1}$ ) ocorrem, por vezes rajadas fortes que chegam a atingir os  $25.2 \text{ m.s}^{-1}$ . Os fundos de vale deverão apresentar valores ligeiramente mais intensos ao passo que as áreas de vertente deverão manifestar valores menos intensos relativamente aos terraços fluviais. Nas áreas desabrigadas de interflúvio (planalto e topos de interflúvio), as velocidades médias do vento são ligeiramente mais elevadas ( $4.2$  e  $3.8 \text{ m.s}^{-1}$ , respectivamente) no entanto, as rajadas máximas são mais fracas atingindo os  $11.2$  e  $13.4 \text{ m.s}^{-1}$  pelo que é menor a susceptibilidade aos referidos acidentes agroclimatológicos.

O efeito combinado do vento com a humidade relativa baixa o qual, é ainda reforçado nos casos em que se registam temperaturas altas tem como consequência uma desidratação da vegetação a qual, é particularmente prejudicial (pode subentender-se uma quebra da colheita) quando ocorre durante a floração (Guerrero García, 2005).

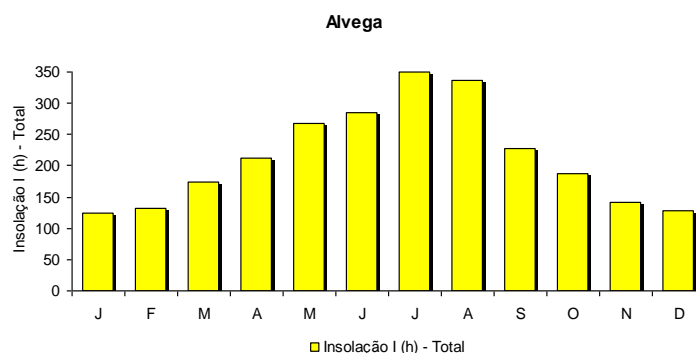
As áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) da região de Alvega apresentam maior susceptibilidade ao acidente agroclimatológico supracitado devido às temperaturas elevadas proporcionadas pela sua posição de abrigo.

Não obstante o disposto, os estudos da variação espacial do vento devem ser realizados com recurso a modelação física ou numérica (Lopes, 2003).

#### 4.4 Insolação

A forte insolação pode provocar sérios danos nos troncos ou ramos principais da oliveira quando estes se encontram directamente expostos aos raios solares, sobretudo durante o Verão (período do ano de maior intensidade dos raios solares). Desta forma, a maior ou menor exposição dos troncos e ramos principais aos raios solares encontra-se, em larga medida, dependente do modo como for conduzida a poda a qual, se considera correcta quando os ramos protegem, tanto o tronco como as pernas do sol. A prática de branquear as oliveiras com leite de cal tem como finalidade proteger os troncos e ramos da acção do Sol; no entanto, pode ser evitada (economia de custos) se a poda for bem conduzida (Guerrero García, 2005).

No intuito de compreender a susceptibilidade de ocorrência de forte insolação na região de Alvega, potenciadora de prejuízos à oliveira, refere-se que o planalto, topos de interflúvio e terraços fluviais manifestam uma elevada insolação, os fundos de vale apresentam uma insolação média e as vertentes com destaque para as áreas de barrancos e valeiros uma baixa insolação (Figura 5.6). Os meses de maior insolação na região de Alvega são Julho e Agosto, assim sendo, será este o período de maior susceptibilidade de ocorrência de danos à oliveira provocados pela forte insolação (Figura 5.13).



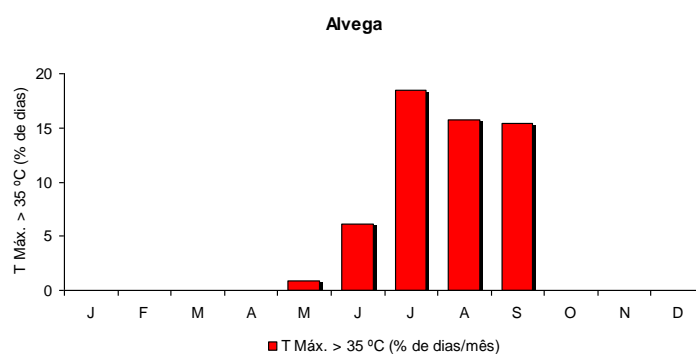
**Figura 5.13** – Valores médios mensais de insolação I (horas) total em Alvega no período de 1957 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

#### 4.5 Temperaturas Altas

O efeito combinado dos ventos secos aliado às altas temperaturas provoca uma forte desidratação da vegetação a qual, infringe sérios danos à oliveira; em condições de regadio

(através do aumento da humidade do solo), é possível atenuar o referido efeito sobre a frutificação. Além disso, a ocorrência de temperatura elevada bem como humidade relativa baixa durante a época da floração pode ter reflexo numa quebra da colheita (Guerrero García, 2005).

Na região de Alvega, as áreas que apresentam maior susceptibilidade ao efeito combinado dos ventos secos com as altas temperaturas, sendo por isso passíveis de prejuízos oriundos da intensa desidratação da oliveira, são os fundos de vale e os terraços fluviais. Esta circunstância pode dever-se às temperaturas elevadas resultantes do efeito de abrigo numa situação e, à aceleração do ar por canalização ao longo dos vales gerada pela morfologia local noutras situações. No intuito de compreender a susceptibilidade de ocorrência de temperaturas altas, potenciadoras de prejuízos à olivicultura, refere-se que a frequência média de temperaturas máximas superiores a 35 °C na região de Alvega é de 17 dias por ano ocorrendo principalmente nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro (Figura 5.14).



**Figura 5.14** – Frequência de ocorrência de temperatura máxima superior a 35 °C (% de dias/mês) em Alvega no período de 1970 a 1988 (Fonte dos dados: *Anuário Climatológico de Portugal* do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica).

## 5. Potencialidades climáticas locais à olivicultura

### 5.1 Aptidão e constrangimentos climáticos locais à olivicultura

A aptidão e os constrangimentos climáticos locais à olivicultura existentes na região de Alvega os quais, definem o potencial olivícola, são aqui sintetizadas na sequência da análise dos elementos climáticos condicionantes à olivicultura efectuada no ponto 3 e da avaliação da susceptibilidade da região de Alvega aos acidentes agroclimatológicos da olivicultura, realizada no ponto 4.

### **5.1.1 Planalto e Topos de Interflúvio**

No planalto e nos topos de interflúvio as características climáticas proporcionam elevada aptidão olivícola (Figuras 5.15 e 5.16). A forte insolação favorece a produção de assimilados nas axilas das folhas contribuindo directamente para a formação de flores e consequentemente para a produção de azeitona além de beneficiar o processo fotossintético, os elevados valores de radiação solar directa favorecem o aumento da concentração do fruto em óleo na fase de maturação do fruto do ciclo vegetativo, as temperaturas diurnas proporcionam o desenvolvimento das diversas fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira em condições não prejudiciais a óptimas, os quantitativos anuais de precipitação satisfazem as necessidades hídricas da oliveira proporcionando inclusive a obtenção de boas produções. A fraca susceptibilidade destas áreas aos acidentes agroclimatológicos da olivicultura também justifica a elevada aptidão olivícola.

### **5.1.2 Vertentes**

A ambiência climática que caracteriza as vertentes da região de Alvega revela falta de aptidão olivícola. Embora os moderados a elevados valores de radiação solar directa, as temperaturas diurnas não prejudiciais a óptimas, os quantitativos anuais de precipitação acrescidos de uma fraca susceptibilidade a acidentes agroclimatológicos indiciem aptidão olivícola, a fraca insolação inviabiliza a olivicultura nestas áreas.

### **5.1.3 Fundos de Vale**

Os climas locais dos fundos de vale da região de Alvega não apresentam aptidão olivícola, devido a características como o elevado perigo de formação de geada de radiação em sentido restrito, ainda que de fraca severidade na época do abrolhamento (geadas tardias) e na época de maturação do fruto (geadas precoces), são potenciadoras de importantes reduções na quantidade e qualidade da produção olivícola; por outro lado, a existência de áreas planas em posição deprimida com um elevado nível freático, compostas, essencialmente, por aluviões e coluviões capazes de proporcionar situações de excesso de humidade de origem pluviométrica a que a oliveira é muito sensível (reflexos no desenvolvimento vegetativo, asfixia radicular e sintomas de clorose). Embora os constrangimentos climáticos anteriormente referidos inviabilizem o desenvolvimento da olivicultura, existem potencialidades climáticas nos fundos de vale tais como os elevados valores de radiação solar, as temperaturas diurnas favoráveis ao



desenvolvimento das diversas fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira em condições não prejudiciais a óptimas, a moderada insolação e os valores de precipitação capazes de satisfazer as necessidades hídricas da oliveira e de obter boas produções.

#### **5.1.4 Terraços Fluviais**

Os terraços fluviais da região de Alvega revelam aptidão olivícola, ainda que de forma condicionada (Figuras 5.15 e 5.16). Deste modo, as potencialidades climáticas destas áreas baseiam-se num conjunto de características climáticas tais como os elevados valores de radiação solar, as temperaturas diurnas favoráveis ao desenvolvimento das diversas fases fenológicas do ciclo vegetativo anual da oliveira em condições não prejudiciais a óptimas, a forte insolação, os quantitativos de precipitação aptos à satisfação das necessidades hídricas da oliveira e inclusive à obtenção de boas produções. Porém, o elevado perigo de formação de geada de radiação em sentido restrito, ainda que de fraca severidade na época do abrolhamento (geadas tardias) e na época da maturação do fruto (geadas precoces), constitui uma condicionante desta ambiência climática. Tendo em conta a intensidade das baixas temperaturas, esta condicionante poderá ser ultrapassada através da selecção de variedades pouco sensíveis ao frio.

### **5.2 A carta das potencialidades climáticas locais à olivicultura**

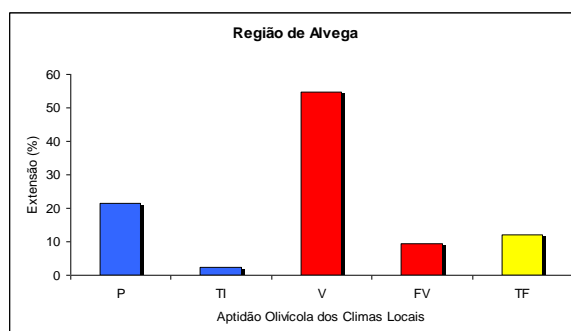
As potencialidades climáticas locais da região de Alvega à olivicultura resultam da análise das características dos climas locais existentes na região de Alvega (ver capítulo IV) baseada nos requisitos climáticos da olivicultura. A *Carta das Potencialidades Climáticas Locais à Olivicultura na Região de Alvega* (Figura 5.16) elaborada em ambiente SIG (*software ArcGis 9.3*, ESRI) ilustra o modo como os climas locais da região de Alvega satisfazem os requisitos climáticos da olivicultura. O modo como tal se processa encontra-se explicado na legenda da carta (Figura 5.16). As potencialidades climáticas são definidas a partir da satisfação/insatisfação dos requisitos climáticos da olivicultura por parte dos climas locais existentes, caracterizadas sobretudo pelos valores de radiação solar, temperatura (diurna e nocturna), insolação, precipitação e vento. A frequência de ocorrência de acidentes agroclimatológicos da olivicultura relacionada com agentes causadores de danos tais como excesso de humidade, chuvas torrenciais, geadas, neve, granizo, vento, insolação e temperaturas altas é também considerada. Além disso, observações de campo permitiram validar algumas destas potencialidades climáticas à olivicultura. De modo a facilitar a compreensão das potencialidades climáticas locais à olivicultura na região de Alvega utiliza-se uma classificação simples com dois níveis de informação. Assim, a aptidão climática à olivicultura é classificada

em *Com Aptidão*, *Com Aptidão Condicionada* e *Sem Aptidão* com recurso à cor. A esta, sobrepõe-se a tipologia de condicionantes climáticas indicada com recurso a tramas. Assim, a carta das potencialidades climáticas à olivicultura inclui, além da aptidão, informação relativa ao tipo de condicionante.

A diversidade de climas locais presente na região de Alvega em confronto com os requisitos climáticos da oliveira revela um complexo mosaico de potencialidades climáticas locais à olivicultura.

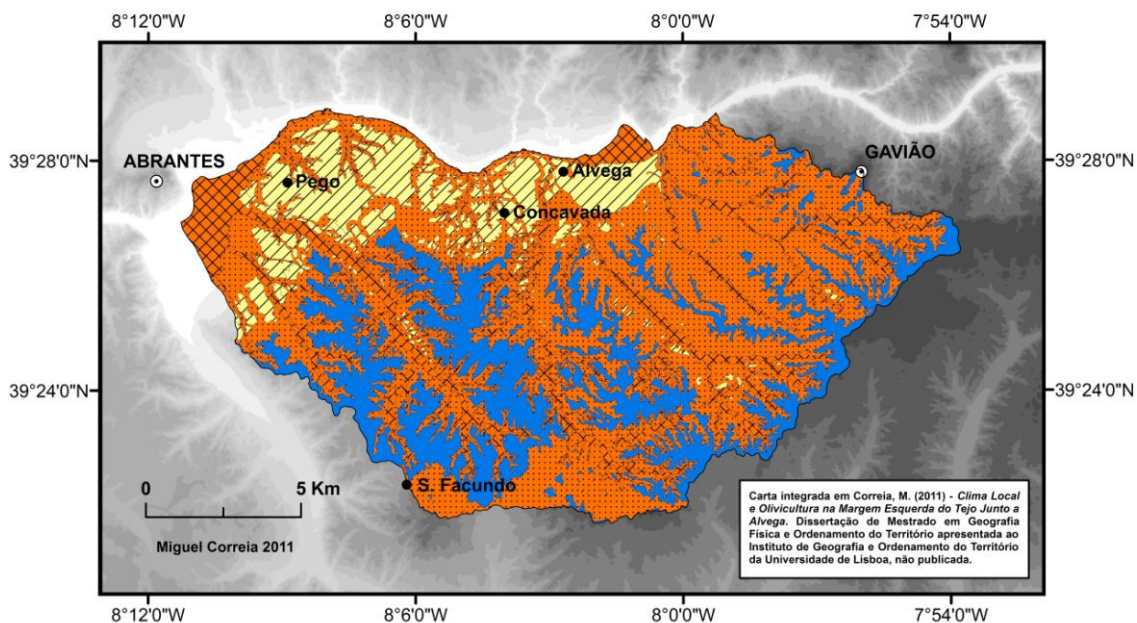
Desprovidos de aptidão olivícola, os climas locais de vertente ocupam a maior parte da região de Alvega (Figuras 5.15 e 5.16). Esta ausência de aptidão olivícola deriva da fraca insolação resultante dos acentuados entalhes manifestados pelos inúmeros barrancos e/ou valeiros que caracterizam as vertentes. O clima dos interflúvios (planalto e topos de interflúvio) revela elevada aptidão olivícola e abrange uma área significativa da região de Alvega (Figuras 5.15 e 5.16). O conjunto de características climáticas favoráveis à olivicultura relacionadas essencialmente, com a insolação, a radiação solar directa, a temperatura e a precipitação justificam a aptidão destas áreas. De expressão espacial significativa, os terraços fluviais apresentam um conjunto de características climáticas locais que lhes conferem aptidão olivícola (Figuras 5.15 e 5.16). Porém, a presença de lagos de ar frio condiciona a aptidão olivícola. Não obstante o disposto, considera-se que esta aptidão olivícola pode ser ampliada através do uso de mudas bem desenvolvidas na plantação e da selecção de variedades pouco sensíveis ao frio, tendo em conta a sua intensidade. Desprovido de aptidão olivícola, o clima dos fundos de vale da região de Alvega apresenta uma expressão espacial significativa (Figuras 5.15 e 5.16). Tal facto deve-se ao excesso de humidade resultante do elevado nível freático sustentado pela concentração de águas provenientes da precipitação, bem como à presença de lagos de ar frio nestes locais da região.

A fraca insolação nas vertentes, a presença de lagos de ar frio nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) e o excesso de humidade nos fundos de vale constituem as condicionantes climáticas mais marcantes da região de Alvega sendo responsáveis pela redução da sua aptidão climática e, por conseguinte, do seu potencial climático local à olivicultura (Figura 5.16).



**Figura 5.15** – Extensão (%) das áreas com diferente aptidão olivícola em Alvega: *Com Aptidão* – Planalto (P) e Topos de Interflúvio (TI); *Com Aptidão Condicionada* – Terraços Fluviais (TF); *Sem Aptidão* – Vertentes (V) e Fundos de Vale (FV).

## Potencialidades Climáticas Locais à Olivicultura na Região de Alvega



### CONSTRANGIMENTOS CLIMÁTICOS LOCAIS À OLIVICULTURA EXISTENTES NA REGIÃO DE ALVEGA

Constrangimentos à Olivicultura de Origem Climática Local	
<i>Lagos de Ar Frio</i>	
<i>Excesso de Humidade</i>	
<i>Fraca Insolação</i>	

### APTIDÃO CLIMÁTICA LOCAL À OLIVICULTURA NA REGIÃO DE ALVEGA

Aptidão Climática Local à Olivicultura	
<i>Com Aptidão</i>	
<i>Com Aptidão Condicionada</i>	
<i>Sem Aptidão</i>	

### POTENCIALIDADES CLIMÁTICAS LOCAIS À OLIVICULTURA NA REGIÃO DE ALVEGA

Climas Locais	Aptidão Climática à Olivicultura
<i>Planalto</i>	
<i>Topos de Interflúvio</i>	
<i>Vertentes</i>	
<i>Fundos de Vale</i>	
<i>Terraços Fluviais</i>	

**Figura 5.16** – Carta das potencialidades climáticas locais à olivicultura na região de Alvega.

Sistema de Projecção Hayford-Gauss, Datum Lisboa. Base Topográfica: Carta Militar de Portugal 1: 25 000, Folhas 321, 322, 323, 331, 332, 333, 343, 344, 345, Instituto Geográfico do Exército (Formato Digital).

## CONCLUSÃO

Os estudos de climatologia à escala local podem dar resposta às necessidades da agricultura de conhecer as características climáticas da camada de ar junto ao solo assim como a sua variabilidade espacial. Embora não se questione o potencial de aplicação dos conhecimentos obtidos nestes estudos ao ordenamento do território, a verdade é que existe uma profunda escassez de trabalhos nesta temática em Portugal, ao contrário do que sucede noutros países. Num contexto de carência de orientações climáticas para a agricultura, surge a presente investigação de climatologia local aplicada. O ensaio metodológico aqui desenvolvido pretendeu testar uma metodologia de avaliação do potencial climático local para a instalação de culturas agrícolas. Para o efeito, seleccionou-se a região de Alvega como área de estudo e a olivicultura como cultura agrícola a instalar.

A região de Alvega tem clima mediterrâneo (Cs, segundo Köppen), classificado por Daveau *et al.* (1985) como “continental atenuado” à excepção da área do vale do Tejo classificado como “continental acentuado pela posição topográfica”.

Um dos traços mais característicos do clima desta região é o das áreas deprimidas manifestarem mínimos inverniais mais baixos que as áreas sobranceiras, acentuado por fenómenos de drenagem e acumulação de ar frio nas áreas deprimidas em noites de arrefecimento radiativo desde o Outono até à Primavera. Este traço característico do clima da região de Alvega é corroborado pelo mapa do nevoeiro e nebulosidade de Daveau *et al.* (1985) e sustentado pelos registos de ocorrência de nevoeiro e de geada: existe nevoeiro de radiação mais frequente e maior risco de geada nos fundos dos vales. As áreas deprimidas apresentam amplitudes térmicas superiores aos interflúvios, devido não só aos mínimos acentuados do Inverno já referidos, como também ao calor do Verão. Tais características são corroboradas pelo mapa dos contrastes térmicos de Daveau *et al.* (1985).

A precipitação apresenta um regime mediterrâneo com uma secura estival e uma irregularidade interanual. O mapa da distribuição da precipitação de Daveau *et al.* (1977) revela uma diminuição gradual da precipitação anual de Sudeste para Noroeste nesta região. Um padrão espacial semelhante é manifestado pelo mapa da distribuição do número de dias de precipitação de Daveau *et al.* (1977) onde o número mais elevado de episódios de precipitação ocorre na área de transição entre as áreas mais elevadas e as áreas mais deprimidas no extremo Noroeste, reflectindo a influência do relevo na ascensão das massas de ar.

A região de Alvega manifesta um regime do vento bimodal com predominância dos quadrantes Noroeste e Sudoeste ao longo de todo o ano embora com maior frequência e intensidade nos meses de Primavera/Verão. Nestes meses predominam os ventos de Noroeste, Oeste e Norte, ao passo que nos meses de Outono/Inverno predominam os ventos de Este e de Sudeste.

A caracterização e síntese cartográfica dos climas locais da região de Alvega tiveram por base a definição dos climatopos. A definição de unidades espaciais com resposta climática semelhante assenta nas unidades de relevo (planalto, topos de interflúvio, vertentes, fundos de vale e terraços fluviais) por constituírem elementos essenciais na diferenciação climática local. A exposição das vertentes assume também importância particularmente no controlo da radiação solar incidente pelo que se procedeu à sua classificação em função da exposição. O *sky view factor* empregue na caracterização dos fundos de vale reflecte o grau de encaixe das superfícies associado à propensão à formação de lagos de ar frio. Considerou-se ainda a tipologia de uso do solo (áreas construídas, áreas agrícolas e áreas florestais) pela sua influência no balanço energético, na temperatura e na ventilação. Esta análise e integração dos descritores-base empregues na definição dos climatopos foram realizadas em ambiente SIG com recurso aos *softwares ArcGis 9.3* (ESRI) e *SagaGis 2.0.4* (Open Source). Identificaram-se assim 24 unidades climáticas com características radiativas e térmicas uniformes na região de Alvega. Este padrão climático é, essencialmente, controlado pela morfologia da região resultante da sua evolução geomorfológica controlada pela acção da tectónica e pela natureza do substrato.

O conhecimento prévio da variação de elementos climáticos em função da topografia e do uso do solo obtido permitiu verificar a correspondência climática para alguns climatopos e assim chegar à caracterização de climas locais. Para os restantes climatopos foram sugeridas as características do clima por interpretação baseada no conhecimento do terreno.

Na região de Alvega, o regime térmico anual é controlado essencialmente pelo relevo por se tratar de uma área topograficamente contrastada e de reduzida dimensão onde as diferenças latitudinais, longitudinais e altitudinais não são significativas. Assim, as áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais) apresentam-se mais frias no Inverno e mais quentes no Verão quando comparadas com as áreas sobranceiras (planalto e topos de interflúvio). Este aspecto é mais explícito em situações de estabilidade atmosférica quando a amplitude térmica se dilata nas áreas deprimidas (fundos de vale e terraços fluviais). As vertentes manifestam características térmicas de transição.

Os padrões diários das temperaturas mínimas do ar resultantes, essencialmente, do contraste topográfico da região de Alvega variam em função do tipo de estabilidade térmica vertical da atmosfera. O estudo revelou que a temperatura mínima do ar ocorre preferencialmente às 8h, escassos minutos após do nascer do Sol. A classificação das temperaturas ocorrentes a essa hora identificou dois padrões térmicos distintos, nomeadamente um padrão térmico caracterizado pela ocorrência de temperaturas mínimas inferiores nos fundos de vale relativamente aos interflúvios adjacentes associado a situações anticiclónicas à superfície reflectindo a estabilidade da atmosfera; o outro padrão térmico é caracterizado por fraco contraste térmico entre os fundos de vale e os interflúvios adjacentes manifestando estas temperaturas muito

próximas, em presença de situações depressionárias à superfície e condições de instabilidade atmosférica.

Os fenómenos de drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo ocorrentes nesta região assumem maior intensidade nos vales morfologicamente mais fechados. O estudo dos padrões diários das temperaturas mínimas do ar da região de Alvega foi efectuado com base nos dados instantâneos e sincrónicos registados em intervalos de 15 m no Inverno de 2009/2010 em vários postos termométricos automáticos desenhados e construídos para o efeito. Uma vez que a área de estudo revelou-se demasiado extensa (cerca de 216 km<sup>2</sup>) para a instalação e manutenção de uma rede densa de postos de monitorização, optou-se por instalar 6 postos termométricos automáticos em locais-chaves das bacias-vertentes dos vales das ribeiras de Coalhos e da Represa (áreas amostra), nomeadamente planalto/topos de interflúvios e fundos de vale, formando uma rede configurando 2 transectos transversais aos referidos vales.

As temperaturas mínimas diárias registadas em diferentes posições topográficas foram analisadas com o objectivo de identificar as diferenças espaciais manifestadas em situações de estabilidade e de instabilidade atmosférica. Os padrões das temperaturas mínimas diárias foram definidos com base nas temperaturas do ar registadas às 8h entre 7 de Fevereiro e 27 de Março de 2010 nas diferentes posições topográficas.

As conclusões obtidas neste estudo para as áreas amostra foram generalizadas à totalidade da região de Alvega por interpretação realizada em ambiente SIG (*software ArcGis 9.3*, ESRI). Foi assim possível manter em toda a região de Alvega a homogeneidade de critérios baseados na delimitação dos climatopos definidos com base nas unidades de relevo.

Os padrões mensal e anual da precipitação identificados nesta região encontram-se controlados pelo relevo caracterizando-se por um aumento gradual da precipitação em altitude.

O controlo exercido pela topografia local sobre o rumo dominante do vento torna complexo o estudo do vento na região de Alvega. Os registos das estações meteorológicas estudadas apresentam regimes com diferentes características: plurimodal com predominância de Oeste, Este e Sudoeste (terraço fluvial - CTP); bimodal com domínio de Oeste e de Nordeste (topo de interflúvio - Gavião); unimodal com preponderância de Oeste (terraço fluvial - Pego); bimodal com predominância de Noroeste e de Oeste (planalto - S. Facundo). Em geral, evidenciou-se uma preponderância do vento de Oeste nas estações meteorológicas estudadas à excepção de S. Facundo (planalto) em que o vento dominante é de Noroeste seguido de Oeste. A velocidade do vento ao longo do ano é fraca a moderada manifestando ténues contrastes espaciais. Verifica-se um ligeiro acréscimo da velocidade do vento ao longo do ano nas estações de maior altitude (Gavião e S. Facundo) face às de menor altitude (CTP e Pego) devido à menor força de atrito exercida pela superfície terrestre. A velocidade média mensal do vento exhibe assim o valor máximo de 4.2 m.s<sup>-1</sup> em Julho na estação de S. Facundo no planalto e o valor mínimo de 2.3 m.s<sup>-1</sup> em Fevereiro, Outubro e Novembro na estação do Pego. O regime anual da

velocidade do vento na região de Alvega revela uma aceleração nos meses de Fevereiro a Abril, Maio a Julho e Novembro a Janeiro e uma desaceleração nos restantes meses do ano. Os registos do vento são apenas representativos dos locais de implantação das estações meteorológicas pelo que esta análise é apenas válida para esses locais. Num desenvolvimento de um estudo desta índole, a modelação numérica e/ou física do vento deveria ser levada a cabo.

A integração dos dados resultantes da monitorização das temperaturas do ar, temperaturas mínima do ar diárias, precipitação e direcção e velocidade do vento nas diversas posições topográficas no mapa dos climatopos permitiu apresentar uma carta síntese da diversidade e complexidade dos climas locais da região de Alvega. A carta dos climas locais ilustra o diagnóstico climático, fase inicial da metodologia de avaliação das potencialidades climáticas locais para a instalação de culturas agrícolas.

As potencialidades climáticas locais para a olivicultura na região de Alvega foram definidas com base na análise das características dos climas locais à luz dos requisitos climáticos da olivicultura. Deste modo, construiu-se uma carta a partir do tratamento de informação resultante do estudo dos elementos climáticos condicionantes da oliveira e da susceptibilidade da região de Alvega a acidentes agroclimáticos da olivicultura em ambiente SIG que permitiu a definição de unidades com potenciais climáticos locais homogêneos. Os elementos climáticos condicionantes à olivicultura constituem elementos-chave na definição dos constrangimentos e da aptidão com tradução no potencial climático local. Na caracterização das potencialidades climáticas locais à olivicultura também se utilizou informação relativa à susceptibilidade da região de Alvega aos acidentes agroclimatológicos da olivicultura. Foram assim delimitados três tipos de aptidão climática, caracterizados com base no grau de satisfação dos requisitos climáticos da oliveira por parte dos climas locais. As áreas desprovidas de aptidão climática e/ou com aptidão climática condicionada foram ainda caracterizadas com base na tipologia dos constrangimentos climáticos presentes.

A carta das potencialidades climáticas locais para a olivicultura na região de Alvega revela o complexo mosaico de aptidões e constrangimentos climáticos e a sua importância espacial. Além do excesso de humidade nos fundos de vale, da presença de lagos de ar frio nos fundos de vale e nos terraços fluviais, nota-se uma clara assimetria espacial ao nível da insolação com as vertentes a apresentarem valores particularmente baixos em consequência da presença de inúmeros valeiros e barrancos oriundos da intensa erosão fluvial. Os referidos contrastes climáticos são muito interessantes e têm reflexos na distribuição do potencial climático da olivicultura na região de Alvega.

A carta das potencialidades climáticas locais, neste caso, para a olivicultura na região de Alvega, demonstra a pertinência e exequibilidade da metodologia de avaliação do potencial climático para a instalação de culturas agrícolas testada no presente ensaio metodológico a

aplicar noutras regiões e a outras culturas. Não obstante o disposto, adverte-se para o facto desta metodologia constituir uma proposta inicial que naturalmente poderá ser aperfeiçoada no futuro. Cartas das potencialidades climáticas locais para a instalação de culturas agrícolas acompanhada de uma breve caracterização constituem uma aplicação dos conhecimentos climáticos locais à agricultura. Assim, orientações climáticas para a agricultura como as que aqui se propõem dirigidas aos agentes de planeamento e/ou ordenamento do território mas também ao público em geral demonstram a aplicabilidade desta metodologia e divulgam a potencial contribuição da climatologia local para o ordenamento agrícola do território.



## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografia:

- Ahrens, C. D.** (2000). *Meteorology Today – An Introduction to Weather, Climate and the Environment*. Brooks/Cole, 6ª edição.
- Alcoforado, M. J.** (1978). *Reflexões Metodológicas em Climatologia Regional e Local (Aspectos Térmicos)*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, 13, 25. Lisboa.
- Alcoforado, M. J.** (1993). *O clima da região de Lisboa: contrastes e ritmos térmicos*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 15 – Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, 1989.
- Alcoforado, M. J.** (1999). *Aplicação da Climatologia ao Planeamento Urbano. Alguns Apontamentos*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, 34, 67-68. Lisboa.
- Alcoforado, M. J., Andrade, E., Neves, M., Vieira, G.** (1993). *Climas Locais da Arrábida no Inverno*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, 28, 55-56. Lisboa.
- Alcoforado, M. J., Lopes, A., Andrade, H., Vasconcelos, J. e Vieira, R.** (2005). *Orientações Climáticas para o Planeamento e o Ordenamento em Lisboa*. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa.
- Alcoforado, M. J., Alegria, M. F., Pereira, A. R., Sirgado, C.** (2009). *Domínios bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussen e de Emberger*. Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, 33, Reedição. Lisboa.
- Andrade, H.** (2003). *Bioclima Humano e Temperatura do Ar em Lisboa*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Dissertação de Doutoramento em Geografia Física.
- Aoyama, T.** (1986). On the development processes of the ground inversion and the nocturnal wind system in Inawasiro basin, Northeast Japan. *Japanese Progress in Climatology*, Seminar, 1-5.
- Baldini, E.** (1992). *Arboricultura General*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Barranco, D., Fernandez-Escobar, R., Rallo, L.** (2008). *El Cultivo del Olivo*. Mundi-Prensa, 6ª edição revista e ampliada. Madrid.
- Barry, R. G.** (1992). *Mountain Weather and Climate*. Routledge, Londres.
- Barry, R.G.** (1994). Past and potential future changes in mountain environments: a review. Beniston, M. (ed.). *Mountain environments in changing climates*, p. 3-35.
- Barry, R. G., Chorley, R. J.** (2003). *Atmosphere, Weather and Climate*. Routledge. Londres.
- Bettencourt, M. L.** (1972). *Algumas notas sobre fenologia e sua importância no estudo do clima*. Serviço Meteorológico Nacional. Lisboa.
- Bettencourt, M. L.** (1980). *Contribuição para o estudo das geadas em Portugal Continental*. O Clima de Portugal, 20. Lisboa.
- Bettencourt, M. L.** (1980). *O clima e a produção da oliveira em Portugal*. Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, 3, 3-4. Lisboa.
- Bettencourt, M. L., Mendes, J. C.** (1980). *Contribuição para o Estudo do Balanço Climatológico de Água no Solo e da Classificação Climática de Portugal Continental*. O Clima de Portugal, XXIV. Lisboa.
- BR – Braula Reis Arquitectos Associados, Lda.** (1995). *Plano Director Municipal de Gavião – Proposta de Ordenamento*. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), Câmara Municipal de Gavião. Lisboa.
- Cabral, E. F.** (2009). *Estudos preliminares de polinização em oliveira (Olea europaea L.) cv. Galega vulgar*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica.
- Cerqueira, J. M. C.** (2001). *Solos e Clima em Portugal*. Clássica (ed.), 2ª edição. Lisboa.
- Cohen, L., Holliday, M.** (1998). *Practical Statistics for Students*. Loughborough University (ed.). 2ª edição.

- Daveau, S. et al.** (1977). *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 3. Lisboa.
- Daveau, S. et al.** (1985). *Mapas climáticos de Portugal: nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 7. Lisboa.
- Denney, J. O., McEachern, G. R., Griffiths, J. F.** (1985). *Modeling the thermal adaptability of the olive (Olea europaea L.) in Texas*. Agricultural and Forest Meteorology, 35. Amsterdam.
- Dias, J. C. S., Jordão, P. V., Marcelo, M. de E., Calouro, F., Antunes, A. F., Cordeiro, A. M., Santos, L. S., Morais, N. C.** (2000). *Fertilização e outras Práticas Culturais*. In “Produção Integrada da Oliveira”. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Direcção-Geral de Protecção das Culturas. Lisboa.
- Doran, J. C., Horst, T. W.** (1981). *Velocity and Temperature Oscillations in Drainage Winds*. Journal of Applied Meteorology, 20.
- Feio, M.** (1991). *Clima e Agricultura – Exigências Climáticas das Principais Culturas e Potencialidades Agrícolas do nosso Clima*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção-Geral de Planeamento e Agricultura (ed.). Lisboa.
- Felicíssimo, A. M.** (1994). *Modelos Digitales del Terreno*. In “Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales”. Pentalfa (ed.). Oviedo. [Consultado a 10 de Maio de 2010 em <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>.]
- Ferreira, D. de B.** (1993). *Agroclimatologia – Programa para uma cadeira de opção*. Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, 34. Lisboa.
- Ferreira, D. B.** (2005b). *O Ambiente Climático*. In “Geografia de Portugal – O Ambiente Físico”. Carlos Alberto Medeiros ( direcção), Círculo de Leitores.
- Gagnon, R. M.** (1968). *Temperature Minimale au Niveau du Sol*. Cahiers de Geographie de Québec, 12 (25).
- García, A. G.** (2005). *Cultivo Moderno do Olival*. Europa-América (ed.). Mem Martins. [Tradução de Maria Emília Novo da edição em língua espanhola – **García, A. G.** (1991). *Nueva Olivicultura*. Mundi-Prensa (ed.), 2ª edição. Madrid.].
- Garratt, J. R.** (1994). *The Atmospheric Boundary Layer*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P.** (1995). *The Climate Near The Ground* – Harvard University Press, 5ª edição. Cambridge.
- Gonçalves, F., Zbyszewski, G., Carvalhosa, A.** (1979). *Carta Geológica de Portugal na escala 1: 50 000. Notícia Explicativa da Folha 27 D (Abrantes)*. Direcção-Geral de Geologia e Minas, Serviços Geológicos de Portugal (ed.). Lisboa.
- INIA** (2001). *Definición, Caracterización y Potencial del Sector Olivícola e Industria Oleíca*. Consultado a 17 de Setembro de 2010 em <http://www.tradechile.cl/Infoforos/Sector%20Ole%C3%ADcola%20e%20Industria%20Ole%C3%ADca.pdf>.
- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica** (1986). *Resistência das culturas à geada em diferentes fases do seu desenvolvimento*. In rubrica “A Meteorologia ao Serviço da Agricultura”, 263. Boletim Meteorológico para a Agricultura, 1252. Lisboa.
- Jaraquemada, A. G.** (1977). *Contribucion al Estudio de la Fenologia del Olivo en Andalucia*. Ministério del Aire, Subsecretaria de Aviacion Civil, Instituto Nacional de Meteorologia, Servicio Meteorológico Nacional, Publicación A-72. Madrid.
- Lopes, A.** (1994b). *Padrões Térmicos do Clima Local na Região de Oeiras*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia – Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Regional.
- Lopes, A.** (1995). *Drenagem e Acumulação de Ar Frio em Noites de Arrefecimento Radiativo. Um Exemplo no Vale de Barcarena (Oeiras)*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, XXX, 59-60. Lisboa.
- Lopes, A.** (1998). *Contrastes Térmicos Nocturnos e Acumulação de Ar Frio em Áreas Urbanas do Sul da Península de Lisboa*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, XXXIII, 66. Lisboa.

- Lopes, A.** (2003). Modificações no Clima de Lisboa como Consequência do Crescimento Urbano – Vento, Ilha de Calor de Superfície e Balanço Energético. Universidade de Lisboa. Faculdade de Letras. Departamento de Geografia. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física.
- Lopes, S.** (2007). Regimes dos Ventos Estivais no Funchal e sua Influência nos Padrões Térmicos. Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia – Dissertação de Mestrado em Geografia (Especialização em Clima e Sociedade).
- Marr, R. L.** (1970). *Gelandeklimatische Untersuchung Im Raum Sudlich Von Basel*. Geographischen Institut der Universitat Basel, Basler Beitrage Zur Geographie, Heft, 12. Basel.
- Melo e Abreu, J. P. de** (1985). As geadas (conceitos, génese, danos e métodos de protecção). Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Melo e Abreu, J. P. de, Castro Ribeiro, A., Monteiro, A. M.** (2000). Protecção das culturas contra as geadas. DRATM. Ministério da Agricultura.
- Melo e Abreu, J. P. de, Barranco, D., Cordeiro, A. M., Tous, J., Rogado, B. M., Villalobos, F. J.** (2004). *Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time*. Agricultural and Forest Meteorology, 125. Amsterdam.
- Miles, J., Shevlin, M.** (2007). Applying Regression and Correlation - A guide for students and researchers. SAGE Publications. 8ª edição.
- Milheiro, A. V.** (1992). *A Cultura da Oliveira em Portugal*. Gazeta das Aldeias, nº 2991, 97.
- Ministério da Agricultura** (1978). Diez Temas sobre el Clima. Madrid.
- Mora, C.** (1998). Aspectos do Clima Local da Arrábida. Universidade de Lisboa. Faculdade de Letras. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ambiente.
- Mora, C.** (2006). Climas da Serra da Estrela. Características regionais e particulares locais dos planaltos e do alto vale do Zêzere. Universidade de Lisboa. Faculdade de Letras. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física.
- Mora, C.** (2009). *Padrões Térmicos no Alto Vale do Zêzere. Condicionantes Topográficas e Meteorológicas*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, 64. Lisboa.
- Mora, C.** (2010). *A synthetic map of the climatopes of the Serra da Estrela (Portugal)*. Journal of Maps.
- Mora, C., Vieira, G. T., Alcoforado, M. J.** (2001). *Daily Minimum Air Temperatures in the Serra da Estrela, Portugal*. Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia, 36, 71. Lisboa.
- Mora, C., Gutierrez, F., Andrade, H., Alcoforado, M. J. (Coord.)** (2009). *Algumas Condicionantes Ambientais na Escala Local em Fridão*. Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Centro de Estudos Geográficos, Núcleo Clima e Mudanças Ambientais. Lisboa.
- Nakamura, K.** (1976). *The nocturnal cold air drainage and distribution of air temperature on the gentle slope*. Geographical Review of Japan, 49, 6.
- Nakamura, K.** (1989). *Local climatological study of the nocturnal cold air drainage on the mountain slope*. Bulletin of Dohto University, General Education, 8.
- Oke, T. R.** (1987). Boundary Layer Climates. Routledge, 2ª edição. Londres.
- Oke, T. R.** (1996). Boundary Layer Climates. Routledge, 2ª edição. Londres.
- Orgil, M. M., Kincheloe, J. D., Sutherland, R. A.** (1992). *Mesoscale influences on nocturnal valley drainage winds in western Colorado valleys*. Journal of Applied Meteorology, 31.
- Patrão, J. D. H.** (2003). Gavião: Memórias do Concelho. Colibri e Câmara Municipal de Gavião (ed.). Lisboa.
- Raposo, J. R.** (1998). As Geadas – suas causas e seus efeitos; como se evitam e como se combatem. Ministério do Ambiente, Instituto de Promoção Ambiental (ed.). Lisboa.
- Reis, E.** (1996). Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise Morfológica de Bacias Hidrográficas. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos.
- Reis, R. da M., Mendes, J. C.** (1978). *Aplicação do conceito de <temperaturas acumuladas> à previsão de fases fenológicas (I)*. Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, 1, 2-3. Lisboa.

- Reis, R. da M., Mendes, J. C.** (1978). *Aplicação do conceito de <temperaturas acumuladas> à previsão de fases fenológicas (II)*. Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, 3, 3-4. Lisboa.
- Ribeiro, O.** (1998). Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Sá da Costa (ed.), 7ª edição. Lisboa.
- Rocha Faria, J. M., Godinho, S., Almeida, M. J., Sousa Machado, M.** (1980). *Análise Estatística dos Valores Máximos do Ano da Quantidade Diária de Precipitação em Portugal*. O Clima de Portugal, XIX. Lisboa.
- Scherer, D., Fehrenbach, U., Parlow, E., Beha, D.** (1999). Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. Atmospheric Environment, 33.
- Simpson, J. E.** (1994). Sea Breeze and Local Wind. Cambridge University Press, Cambridge.
- Snyder, R., Melo e Abreu, J. P. de** (2005). Frost Protection: Fundamentals, Practice, and Economics (Volume 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations (ed.), Environment and Natural Resources Series, 10. Rome.
- Snyder, R., Melo e Abreu, J. P. de, Matulich, S.** (2005). Frost Protection: Fundamentals, Practice, and Economics (Volume 2). Food and Agriculture Organization of the United Nations (ed.), Environment and Natural Resources Series, 10. Rome.
- Tabony, R. C.** (1985). *Relations Between Minimum Temperature and Topography in Great Britain*. Journal of Climatology, 5.
- Thompson, R. D., Perry, A.** (1997). Applied Climatology. Principles and Practice. Routledge, London.
- Thorntwaite, C. W., Mather, J. R.** (1955). The Water Balance. Drexel Institute of Technology, Publications in Climatology, III, 1, Centerton.
- Thorntwaite, C. W., Mather, J. R.** (1957). Instructions and Tables Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Drexel Institute of Technology, Publications in Climatology, X, 3, Centerton.
- Whiteman, C. D.** (2000). Mountain Meteorology - Fundamentals and Applications. Oxford University Press (ed), 1ª edição. Oxford.
- Yoshino, M. M.** (1975). Climate in Small Areas. An Introduction to Local Meteorology. University Tokyo Press (ed.), 1ª edição. Tokyo.
- Yoshino, M. M., Tanaka, M., Nakamura, K.** (1981). *Formation of a cold air lake and its effects on agriculture*. Journal of Natural Disaster Science, 3, 2.
- Yoshino, M. M.** (1984). *Thermal belt and cold air drainage on the mountain slope and cold air lake in the basin at quiet, clear night*. Geojournal, 8, 3.
- Yoshino, M. M.** (1997). *Agricultural landuse and local climate*. In "Climates and Societies – a Climatological Perspective". Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Zbyszewski, G., Carvalhosa, A., Gonçalves, F.** (1981). *Carta Geológica de Portugal na escala 1: 50 000. Notícia Explicativa da Folha 28 C (Gavião)*. Direcção-Geral de Geologia e Minas, Serviços Geológicos de Portugal (ed.). Lisboa.

### Legislação:

**Decisão C (2007) 6159, de 4 de Dezembro** – Decisão C da Comissão das Comunidades Europeias de 4 de Dezembro de 2007 que aprova o Programa de Desenvolvimento Rural de Portugal Continental relativo ao período de programação de 2007-2013;

**Portaria n.º 289-A/2008, de 11 de Abril** – Portaria n.º 289-A de 11 de Abril de 2008 que aprova o Regulamento de Aplicação da Acção n.º 1.1.1, *Modernização e Capacitação das Empresas*, da Medida n.º 1.1, *Inovação e Desenvolvimento Empresarial*, integrada no Subprograma n.º 1, *Promoção da Competitividade*, do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente, designado por PRODER (Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas).

**Sítios:**

[www.cm-gavião.pt](http://www.cm-gavião.pt)  
[www.cm-abrantes.pt](http://www.cm-abrantes.pt)  
[www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf](http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf)  
[www.igeo.pt](http://www.igeo.pt)  
[www.ige.pt](http://www.ige.pt)  
[www.infolivo.com](http://www.infolivo.com)  
[www.journalofmaps.com](http://www.journalofmaps.com)  
[www.proder.pt](http://www.proder.pt)  
[www.snirh.pt](http://www.snirh.pt)  
[www.zenite.nu](http://www.zenite.nu)  
[www.wetter3.de/Archiv/archiv\\_dwd.html](http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html)  
[www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html](http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html)

**Cartografia:**

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (2004). Carta Militar de Portugal, Folha 321 (*Sardoal*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1994). Carta Militar de Portugal, Folha 322 (*Mação*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1994). Carta Militar de Portugal, Folha 323 (*Amieira – Nisa*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (2008). Carta Militar de Portugal, Folha 331 (*Abrantes*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1999). Carta Militar de Portugal, Folha 332 (*Alvega – Abrantes*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (2000). Carta Militar de Portugal, Folha 333 (*Gavião*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (2008). Carta Militar de Portugal, Folha 343 (*Bemposta – Abrantes*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1999). Carta Militar de Portugal, Folha 344 (*S. Facundo – Abrantes*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (1999). Carta Militar de Portugal, Folha 345 (*Torre das Vargens – Ponte de Sor*), 1: 25 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO (1981). Carta Geológica de Portugal, Folha 27 D (*Abrantes*), 1: 50 000, Lisboa.

INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO (1981). Carta Geológica de Portugal, Folha 28 C (*Gavião*), 1: 50 000, Lisboa.

**Nota:** O texto da presente dissertação não segue as regras do novo acordo ortográfico.